

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ПУШИНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СОВЕТ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ СЕМИНАРОВ ПНЦ
ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОФИЗИКИ
ИНСТИТУТ ФИЛОСОФИИ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ФИЗИКИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ ОБЩЕСТВО ИСПЫТАТЕЛЕЙ
ПРИРОДЫ

**ЭРВИН БАУЭР
И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ
БИОЛОГИЯ**
(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Предлагаемый сборник – труды Пущинского симпозиума по теоретической биологии. Симпозиум был приурочен к 100-летию выдающегося ученого Э.С.Бауэра, автора вышедшей в 1935 г. книги "Теоретическая биология". За прошедшие почти 60 лет коренным образом изменились многие понятия биологии. Фундаментальные открытия в биологии, генетике, биофизике, возникновение молекулярной биологии создали новую базу для основных положений теоретической биологии. Сопоставление концепции Э.С.Бауэра с современными взглядами явилось основной задачей симпозиума. В числе участников симпозиума – биологи, физики, философы, исследователи разных специальностей.

Особый интерес представляет публикация в этой книге материалов конференции, состоявшейся 14–15 мая 1935 г. во Всесоюзном институте экспериментальной медицины под руководством И.П.Разенкова. Труды этой конференции хранились в архиве и до настоящего времени были неизвестны. Сопоставление трудов двух конференций – 1935 г. и 1990 г. – позволяет оценить степень изменения некоторых положений теоретической биологии.

Статьи сборника могут представлять интерес для научных работников и студентов естественно-научных и гуманитарных специальностей.

Редакционная коллегия: д-р биол. наук., проф. *Е.Л.Головлев*, д-р биол. наук., проф. *А.Ю.Сунгуров*, д-р биол. наук., проф. *С.Э.Шноль* (ответ. редактор), *И.Г.Воробьева*.

Э. С. БАУЭР

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ВСЕСОЮЗНОГО ИНСТИТУТА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ (ВИЭМ)
МОСКВА — 1935 — ЛЕНИНГРАД



Э.Бауэр. 1916 г.

Предисловие

В 1935 г. в Москве издательство ВИЭМ выпустило книгу Э.С.Бауэра "Теоретическая биология". В те годы Э.С.Бауэр занимал видное место в нашей науке. Его "Теоретическая биология" подводила итог более чем 15-летней работе и размышлениям о самых общих основах биологических явлений. В предыдущих книгах ("Grundprinzipien der Reinen Naturwissenschaftlichen Biologie", в 1930 г., "Физические основы в биологии") и во множестве статей формировались подходы к написанию "Теоретической биологии". Эта книга, даже ее заглавие, были необычны и привлекли общее внимание. Логически стройная конструкция теоретической биологии Бауэра, ход его мыслей и в наше время представляют большой интерес.

Судьба Э.С.Бауэра трагична и характерна для нашего жестокого времени. Он и его жена С.Бауэр (Сциллард) были арестованы в 1937 г. и погибли. Имя и труды Э.С.Бауэра на долгие годы были преданы забвению.

В связи со 100-летием Э.С.Бауэра в октябре 1990 г. в Пушкинском научном центре состоялся Всесоюзный симпозиум. В нем приняли участие около 100 исследователей – биологов, философов, физиков, историков науки. Часть материалов этого симпозиума, соответственно переработанных авторами, публикуется в этом сборнике. Кроме того, здесь представлены и материалы еще одного симпозиума – научной конференции ВИЭМ, посвященной "Теоретической биологии" Бауэра, состоявшейся под председательством И.П.Разенкова 55 лет тому назад, 14–15 мая 1935 г. Тогда в обсуждении концепции Бауэра приняли участие выдающиеся ученые – Д.Л.Рубинштейн, Н.Д.Зелинский, Л.С.Штерн, А.Е.Браунштейн и ряд других. Сейчас никого из докладчиков, бывших на этой конференции, нет в живых. Стенограмма конференции сохранилась в архиве АМН СССР и была найдена проф. Л.Г.Охнянской с помощью заведующей этим архивом И.Ю.Вишняковой*.

* Мы публикуем стенограмму 1935 г. с некоторыми пропусками и сокращениями, обусловленными, в основном, несовершенством записи доклада Э.С.Бауэра.

Находка эта представляется бесценной. Мы можем сравнить выступления на, в сущности, сходные темы с интервалом в полвека. Весьма интересно при этом сходство многих логических построений тогда и сейчас. Тогда и сейчас сходны высказывания "про" и "контра" концепции Э.С.Бауэра, а за это время наша наука коренным образом преобразилась, даже, как иногда кажется, возникла заново. Из этого сопоставления ясно, что самые общие основы биологии пережили прошедшие научные революции. Изменилось "материальное наполнение" идейных основ. И эти изменения необходимо констатировать.

Конференция 14–15 мая 1935 г. в ВИЭМ состоялась за несколько месяцев до выхода в свет "Теоретической биологии". Обсуждалась, в сущности, лишь одна из глав книги – проблема "живой белок". В докладе Э.С.Бауэра эта проблема была освещена, естественно, менее полно, чем в книге. Этим, возможно, объясняются некоторые возражения участников той дискуссии.

Направленность докладов Пушинского симпозиума 1990 г. более разнообразна, чем конференции 1935 г. Не все доклады посвящены непосредственно обсуждению концепций Э.С.Бауэра. Нам представляется это вполне естественным. Всюду речь идет об общих проблемах биологии, что соответствует умунастроениям выдающегося деятеля науки Э.С.Бауэра. Можно надеяться, что эта книга найдет пытливого читателя, разделяющего убеждение, что "чистая мысль", "общие соображения", "логические построения" не менее важны, чем конкретные экспериментальные исследования.

С.Э.Шноль

ЧАСТЬ I. СИМПОЗИУМ 1990 г.
“ЭРВИН БАУЭР И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ”
(к 100-летию со дня рождения)

ЭРВИН БАУЭР И “ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ”

С.Э.Шноль

1. Введение

В сентябре 1990 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Э.С.Бауэра, автора изданной в 1935 г. в Москве и ставшей вскоре знаменитой книги "Теоретическая биология" [1].

Творчество Э.С.Бауэра, его яркая и трагическая жизнь символичны для XX века, для истории нашей страны. Венгерский коммунист, участник венгерской революции 1919 г., эмигрировавший после поражения революции в Германию, затем в Чехословакию, он прожил наиболее плодотворные годы в СССР. Э.Бауэр оказал сильное влияние на развитие советской биологии. Это влияние воплотилось в трудах многих его современников. Э.С.Бауэр и его жена Стефания Сциллард погибли в период репрессий 37-го года. Упоминание его имени стало невозможным, труды его долгие годы были недоступны для исследователей. После 20 съезда КПСС и полной реабилитации Э.С.Бауэра о нем много писали философы и биологи – историки науки. Однако новым поколениям он почти неизвестен.

Сейчас, когда мы пытаемся возродить былой высокий уровень нашей науки, нам остро необходимо восстановление "связи времен". Нужно ясное представление о жизни и трудах людей, составлявших в совокупности славу и гордость страны. Это отнюдь не абстрактное, чисто сентиментальное стремление к восстановлению справедливости. Нам нужно знать их труды, стиль мысли и работы, кодекс чести, нравственные правила и заблуждения в качестве опоры в повседневной жизни как основу становления новых поколений исследователей. В силу всего этого представляется необходимым наряду с биографическим очерком попытаться представить возможное место концепций Э.С.Бауэра в современной биологии. За прошедшие почти 60 лет получено огромное число новых данных, произошли коренные изменения основных разделов биологии. Сохранили ли теоретические положения Бауэра ценность в наше

время? Какой смысл имеют эти положения в свете новых данных? Этими вопросами не исчерпываются задачи анализа творчества Бауэра. Особый интерес представляют гносеологические, мировоззренческие основы его взглядов как отражения, следствия развития науки в конце XIX – начале XX вв. Специфический характер "юбилейной" статье придает трагическая гибель Бауэра в расцвете творческих сил. Он мог бы быть непосредственным свидетелем и участником упомянутого революционного развития биологии в 40–60-е годы. Можно лишь догадываться, какие изменения в свою теорию внес бы он сам, учитывая новые данные. Зловещие силы помешали ему это сделать. Одна из наших задач – попытаться сделать это вместо него.

2. Живой белок

"Теоретическая биология" Бауэра посвящена "вечному вопросу" о сущности отличий живого от неживого. Проблема эта занимала мыслителей античности, Ренессанса и Нового времени.

Гордое убеждение в возможности познания, выявление "природы" объектов нашего мира – философия рационализма – определило эпоху Возрождения. Человек – центральная фигура мироздания – осознал силу своего разума. Отсюда главным стал вопрос о природе самого человека и, следовательно, вопрос о "сущности" жизни. Однако потребовалось около 300 лет интенсивного научного творчества, чтобы в конце XIX века вопрос о сущности жизни приобрел должный фундамент.

Галилей и Ньютон, классическая механика обеспечили триумф концепции детерминизма, основанной на убеждении в существовании однозначной связи причин и следствий. XIX век – век становления физики и химии, создал естественное основание материализма. В самом общем виде, в интересующем нас аспекте это основание выразилось в убеждении, что все на свете является проявлением свойств веществ (и полей). Химики выделяли и синтезировали все более сложные вещества со все более разнообразными свойствами. Физики изучали природу этих свойств. Так возникло убеждение, что "жизнь" – свойство особого "живого вещества". Это вещество было видно в каждой клетке через микроскоп – слизистая аморфная масса, торжественно названная "протоплазма", т.е. всеобщая первичная основа жизни.

Для ответа на главный вопрос представилось необходимым изучить состав и свойства протоплазмы. XIX век – заложены методологические и методические основы такого изучения – "фракционирование" – выделение из сложных веществ и объектов относительно простых их компонентов – "фракций".

Естественно было стремление выделить из протоплазмы в чистом виде ее самый главный компонент, собственно вещество жизни. Этот универсальный носитель совокупности свойств, составляющих

"жизнь", был назван "протеин". Удивительным образом этот протеин оказался похожим на самый обычный белок — белок куриного яйца, молока, крови. Сходство в основном проявлялось в способности к свертыванию при нагревании. Так возникла (ложная!) гомология понятий протеин и белок. В результате вопрос о "сущности жизни" стали сводить к изучению состава, строения и свойств белка — протеина. Все это нашло яркое отражение в естественно-научных обобщениях Ф.Энгельса. Он был убежден, что жизнь — свойство, "способ существования" живого вещества (протеина) и что этот способ существования состоит в постоянном "обмене веществ" белка-протеина с окружающей средой. При этом Энгельс подчеркивал принципиальное различие понятий "протеин" — общефилософское обозначение "живого вещества" и белка — химического вещества. Энгельс писал: "...Термин неудачен, так как из всех родственных ему веществ обыкновенный белок играет наиболее безжизненную, наиболее пассивную роль: наряду с желтком белок служит всего лишь питательным веществом для развивающегося зародыша. Однако, пока о химическом составе белковых тел известно так немного, этот термин (белковое тело), как более общий, все же заслуживает предпочтения перед всеми другими" [2, с. 78].

К сожалению, в нашей (и не только нашей) литературе термины "протеин" и "белок" стали синонимами. Общефилософское понятие протеин было заменено на словосочетание "живой белок".

Биохимики и химики достигли больших успехов в очистке и изучении состава белков. Оказалось, что белки — полимеры и полипептиды, состоящие из 20 различных аминокислот. В результате основной вопрос о "сущности жизни" можно было переформулировать: являются ли полипептиды "живым белком", является ли жизнь проявлением свойств этих веществ, чем полипептиды отличаются от всех остальных "неживых веществ"? Химики не находили в полипептидах никаких специфических биологических свойств. Это "обычные" аминокислоты, соединенные "обычными" амидными (пептидными) связями. "Тривиальность" химического состава "живого белка" привела к мысли, что свойства жизни преимущественно физические, а не химические, что молекулы "живого белка" находятся в особом состоянии, не свойственном "неживым веществам". Это означало, что жизнь — следствие особой физики, т.е. существует особая биологическая физика.

Такое противопоставление и соревнование биохимии и биофизики в поисках биологической специфики — характерная черта науки конца XIX — начала XX веков.

Как и при любом другом выделении чистых веществ, для идентификации "живого вещества" нужен набор диагностических признаков. "Если оно живое, то ...должно быть — раздражимым, подвижным, осуществлять обмен веществ, размножаться, передавать свои признаки следующим поколениям". Перечисление таких обязательных признаков жизни помещалось в учебники по биологии. Однако обнаружить все эти свойства у очищенного белка

в растворе нельзя. Нельзя, может быть, потому, что они проявляются в очень слабой степени и не выявляются обычными методами. Однако жизнь — следствие особого физического состояния. Тогда (для выяснения "сущности жизни") достаточно установить, что исследуемое вещество находится в этом специфическом состоянии и выяснить природу этого состояния.

В конце XIX в. попытки найти особое физическое состояние "живого вещества" предпринимались многими исследователями.

XIX в. — век формирования законов сохранения, век определения понятий "энергия" и "энтропия", век создания (равновесной) термодинамики.

Естественно, что вопрос о "сущности жизни" был трансформирован в концепцию особых термодинамических свойств живых организмов.

В самом деле, с точки зрения термодинамики, живые организмы, биологические системы казались противоположными неживым. Их эволюция во времени шла не к деградации, а к усложнению, к развитию. Преобразования энергии в организмах, казалось, идут совсем не так, как в обычных термодинамических машинах.

Для понимания "сущности жизни" теперь стало необходимым объяснить, какие свойства "живого вещества" обуславливают эту термодинамическую специфику.

3. Термодинамическая концепция Э.С.Бауэра

Э.С.Бауэр — последовательный и оригинальный сторонник термодинамической специфики живых организмов. При этом он полагал, что особое термодинамическое состояние присуще самим молекулам "живого белка", а не особым свойствам границы раздела фаз. Главный труд Э.С.Бауэра — "Теоретическая биология" [1] — основан на представлении об особом термодинамическом состоянии молекул "живого белка". Жизнь — следствие этого "устойчиво неравновесного" состояния особых молекул. Основной принцип Бауэра звучит следующим образом: "Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях" [1, с. 43]. Из этого принципа устойчивого неравновесия Бауэр выводит все свойства живых организмов — "обмен веществ" и ассимиляцию, раздражимость, способность к размножению — деление клеток, рост и старение. Получается логически стройная система Теоретической биологий.

Первая часть "Теоретической биологии" озаглавлена "Общая теория живой материи". Она состоит из *Введения*. Предмет и метод теоретической биологии. *Глава первая*. Принцип устойчивого неравновесия. *Глава вторая*. Свободная энергия живых систем и принцип работы системных сил. *Глава третья*. Противоречие меж-

ду внешней и внутренней работой в живых системах. Принцип увеличивающейся внешней работы как историческая закономерность. Глава четвертая. Проблема "живого белка".

Такое построение теории приводит к тому, что доказательство верности исходного, основного принципа означает доказательство верности объяснения его следствий — многообразных свойств и проявлений жизни.

Со времени написания "Теоретической биологии" прошло 55 лет. За это время были созданы новые направления науки. Среди них прямое отношение к обсуждаемым проблемам имеют: 1) термодинамика необратимых процессов; 2) теория информации; 3) биоэнергетика (пути и механизмы преобразования энергии в биологических процессах); 4) физика и физическая химия биологически важных макромолекул (белка, нуклеиновых кислот, полисахаридов).

За это время были выяснены пути и механизмы биосинтеза всех основных компонентов "протоплазмы", показана ключевая роль и изучены механизмы функционирования биологических мембран, обнаружены молекулярные механизмы формообразования в клетке, выяснены молекулярные механизмы наследственности, изменчивости размножения ("Молекулярная биология"). В итоге с неизбежностью произошли изменения самых общих представлений о "сущности жизни".

Поэтому, в связи с задачами этой статьи, представляется необходимым рассмотрение того, насколько сохраняется и сохраняется ли концепция теоретической биологии Бауэра.

4. Термодинамика биологических процессов и принцип Бауэра

Сама по себе термодинамическая неравновесность отнюдь не является специфическим свойством живых организмов. Мерой неравновесности служит знак и величина изменений свободной энергии системы при переходе из одного состояния в другое. Множество объектов нашего мира неравновесно и, тем не менее, существуют весьма длительное время. Каменный уголь сильно "неравновесен". В реакции $C + O_2 = CO_2$ происходит очень большое изменение (уменьшение) свободной энергии этой системы. За счет этого "выделения" энергии может быть совершена большая полезная работа. Каменный уголь сохраняется неизменным миллионы лет из-за огромных кинетических барьеров, препятствующих реализации предписаний термодинамики. Устойчиво неравновесны в этом смысле многие минералы и вещества.

Бауэр в своем принципе устойчивого неравновесия имеет в виду и рассматривает другой тип неравновесности: неравновесность как следствие постоянного возобновления термодинамического потенциала, активного и все большего удаления системы от положения равновесия. Такой вид устойчивого неравновесия может реализовыв-

ваться лишь при осуществлении циклических процессов, когда, например, "падение" системы из неравновесного состояния приводит сопряженно к осуществлению процессов "деградация пищи", за счет изменения свободной энергии в которых происходит возврат системы в исходное неравновесное состояние. Возможен даже не только возврат в исходное состояние, но достижение еще большей неравновесности системы.

Таким образом, принцип Бауэра основан на представлениях термодинамики сопряженных процессов и механизмах, функционирующих посредством системы *обратных связей* в сложных процессах. При этом замечательно, что Бауэр сформулировал свой принцип ранее 1935 г., до развития этих научных направлений. Энергетическое сопряжение в биохимических процессах как основы "биологической термодинамики" было осознано лишь после работ Г.Калькара и Ф.Липмана в 1939–1941 гг.

Представление о ключевой роли обратных связей в биохимических и биологических процессах получило общее признание под влиянием исследований Н.Винера и создания кибернетики, т.е. в 40-е гг. нашего века.

Можно ли считать современную "биоэнергетику" соответствующей принципу Бауэра? К моменту написания "Теоретической биологии" только начала выявляться центральная роль соединений ортофосфорной кислоты в энергетике клеток. Однако лишь в упомянутой работе Ф.Липмана в 1941 г. была создана концепция "макроэргичности", был выяснен "физический смысл" процессов катаболизма – деградации молекул пищи. Свободная энергия, выделяющаяся в процессах катаболизма, предохраняется от тепловой деградации при сопряженном синтезе "макроэргических" пирофосфатных связей АТФ из ортофосфата и АДФ. В виде "термодинамически неравновесных" макроэргических фосфорных соединений – АТФ, креатинфосфата – эта энергия сохраняется необходимое время, а затем используется для совершения полезной работы – биосинтезов, мышечного сокращения, работы ионных насосов. Это использование энергии осуществляется также посредством *сопряжения* – реакции гидролиза макроэргических фосфатов с процессами, расходующими энергию.

Осуществляется цикл: сопряженный синтез АТФ – накопление термодинамического потенциала – "создание неравновесности" – гидролиз АТФ, сопряженный с совершением полезной работы, уменьшение неравновесности. С чисто термодинамической точки зрения речь идет об устойчивом неравновесии – постоянном возобновлении термодинамического потенциала, посредством ресинтеза макроэргических фосфатов в системе процессов с обратными связями. Производит сильное впечатление чрезвычайная проницательность Э.С.Бауэра, опередившего развитие фундаментальных направлений науки – представлений о стационарном, динамическом поддержании неравновесных состояний (steady state), об обратных связях как условии динамического поддержания таких состояний,

о термодинамике далеких от равновесия ("все более неравновесных") систем.

Однако Бауэр полагал, что устойчиво неравновесным является особое, деформированное состояние молекул "живого белка", а не каких-либо низкомолекулярных "метаболитов" типа АТФ.

Поэтому открытие механизмов преобразования энергии в биохимических процессах, создание концепции макроэргичности нельзя рассматривать как непосредственную иллюстрацию верности принципа устойчивого неравновесия Бауэра.

5. Устойчивое неравновесие ионных градиентов в системе клетка—окружающая среда

Асимметричное распределение ионов – "сверхравновесная" концентрация ионов калия внутри клетки и повышенная по сравнению с равновесной концентрация ионов натрия вне клетки – одно из самых характерных проявлений жизнедеятельности. Это неравное распределение устойчиво. Оно активно поддерживается посредством работы "ионных насосов", работающих за счет сопряженного использования свободной энергии реакции гидролиза АТФ. Казалось бы, все соответствует принципу Бауэра.

Следует сказать, что ко времени написания "Теоретической биологии", представления о "неравновесном распределении" ионов были достаточно развиты. В трудах Овертона, В.Ю.Чаговца, П.П.Лазарева, Д.Л.Рубинштейна были рассмотрены возможные биофизические, термодинамические и кинетические "механизмы" и физиологическое значение таких ионных градиентов. Однако настоящий прогресс начался после отмеченной Нобелевской премией работы 1954 г. Хочкина и Хаксли, показавших, что эти ионные градиенты в самом деле обусловлены селективной проницаемостью биологических мембран, и работы 1956 г. Скоу, открывшего мембранную К-, Na-АТФазу – фермент, создающий "неравновесное" распределение ионов сопряженно с гидролизом АТФ. Началось бурное развитие "биомембранологии".

Сначала предполагали, что ионная асимметрия обусловлена лишь необходимостью реакции на внешние стимулы, т.е. обеспечивает "раздражимость" и "возбудимость" клетки. Однако после работ П.Митчелла 1961–1967 гг. выяснился "энергетический смысл" ионных градиентов: "неравновесные" концентрации ионов водорода и других ионов создают электрохимический потенциал, используемый для сопряженного синтеза АТФ.

В настоящее время в этой области публикуются сотни работ, все более выясняющие верность общей концепции: устойчиво неравное распределение концентраций ионов – характерное свойство жизни.

Таким образом, в общетермодинамическом смысле – это иллюстрация верности принципа Бауэра.

Однако... Однако Э.С.Бауэр был убежденным противником особой роли межфазных соотношений в биологической термодинамике, и, следовательно, был противником особой роли биологических мембран.

Как отмечено в начале этой статьи, его теоретическая биология основана на особых свойствах "молекул живого белка", т.е. свойствах протоплазмы, а не ее пограничных слоев. Возможно, что в сущности понятию "живой белок" вовсе не противоречит допущение особой роли биологических мембран. Однако, понимаемые конкретно-химически словосочетания "живой белок", "живая материя", заставляли Бауэра и его последователей, особенно Д.Н.Насонова, отвергать возможность принципиального значения клеточных мембран.

Вполне вероятно, что сам Э.С.Бауэр, дожив до 60-х гг., отказался бы от излишне ригористического толкования своего принципа, увидев его иллюстрацию в асимметричном, неравновесном, устойчиво поддерживаемом распределении ионов в системе клетка—среда.

6. Термодинамическое состояние молекул белков

Допущение Э.С.Бауэром особого неравновесного, напряженного, "деформированного" состояния молекул белка в общем не подтвердилось. Конфигурация полипептидных цепей — структура макромолекул белка — в растворе или в комплексах с липидами и другими компонентами протоплазмы равновесна. Это следует из опытов по ренатурации белков: нарушенная при денатурации "упаковка" полипептидных цепей восстанавливается при ренатурации.

Однако в процессах жизнедеятельности (а не в "безжизненных" растворах и структурах) вполне вероятны неравновесные конфигурации полипептидных цепей, неравновесные конформации макромолекул.

Наибольший интерес в этой связи представляет ферментативный катализ. Бауэр полагал, что молекула "живого" белка — фермента катализирует соответствующие реакции за счет своей "структурной энергии" — "...источником работы, производимой живыми системами, служит, в конечном счете, свободная энергия, свойственная этой молекулярной структуре, этому состоянию молекул (живой материи)..." [1, с. 93] "...это неравновесное состояние, эта деформированная молекулярная структура...поддерживается или постоянно восстанавливается за счет энергии непрерывных процессов выравнивания, протекающих в живой ткани..." [1, с. 99]. "...Катализатор (т.е. деформированное, неравновесное состояние молекулы, действующей как "катализатор"), с одной стороны, сам действует в реакции, ...с другой же — может существовать лишь постольку и так долго, пока он может сохранить такое неравновесное состояние в силу реакций, которые станоятся возможными вследствие этого состояния" [1, с. 121–122].

Эти представления о ферментативном катализе были развиты Н.И.Кобозевым в его теории "рекуперации энергии", когда часть энергии, выделяющаяся в катализируемой реакции, рекупируется, сохраняется в макромолекуле фермента и используется в следующем каталитическом акте для понижения энергии активации или иного способа ускорения соответствующего процесса. Эти же идеи Бауэра стимулировали создание концепции молекулы фермента—"машины"—катализа за счет механических, конформационных движений частей макромолекулы [3]. В наиболее полном виде развитие этих идей осуществлено в экспериментальных и теоретических работах Л.А.Блюменфельда и сотрудников по релаксационной динамике макромолекул ферментов в каталитических актах.

При осуществлении ферментативного катализа по таким механизмам, при избытке концентрации субстратов, молекулы белка-фермента и в самом деле находятся в устойчивом, в смысле постоянного возобновления, неравновесном состоянии. Соответствует ли это принципу Бауэра? В качестве частного случая — да. Однако в формулировке Бауэра есть замечательные слова: "Все и только живые...". Устойчиво неравновесное состояние катализатора при избытке субстрата — вещества, превращение которого ускоряет катализатор, лишено биологической специфики.

Подводя итоги этому разделу, можно сказать, что в результате развития науки в последние десятилетия стало ясно, что молекулы биологически важных веществ — белков нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, метаболитов, и т.д. не имеют каких-либо принципиальных биофизических отличий от аналогичных небιοгенных молекул. "Сущность жизни" не определяется особым физическим состоянием всех этих молекул. Особого энергетического состояния молекул нет. При этом биологически важные молекулы, структуры, системы имеют уникальные сочетания физических свойств. Но обо всех свойствах нельзя сказать "Живые и только живые...". Все эти свойства, более или менее выраженные, присущи и заведомо небιοгенным молекулам, структурам, системам.

7. Принцип Бауэра верен в эволюционном (информационном) смысле

Как известно, наиболее важные, принципиальные достижения в биологии после Бауэра произошли в исследованиях роли нуклеиновых кислот, выяснении молекулярных основ изменчивости, наследственности, размножения. В сочетании с теорией информации, созданной также после Бауэра, вновь возникшая "молекулярная биология" образовала новый фундамент теоретической биологии.

Необходимым условием теоретической биологии на этом фундаменте является соединение молекулярной биологии с теорией эволюции. В сущности, лишь теория эволюции является специфиче-

ской биологической дисциплиной. Все свойства и особенности живых организмов возникают в процессе биологической эволюции [5].

Сохраняет ли свое значение принцип устойчивого неравновесия Бауэра в свете этих новых, принципиальных изменений наших знаний? Удивительно, что, не только сохраняет, но и приобретает гораздо более глубокое и естественное звучание.

Вероятностная интерпретация термодинамики, энтропия и информация, неравновесность и количество информации. Биологическая эволюция – процесс неуклонного возрастания количества и качества информации – устойчиво неравновесный процесс соответственно принципу Бауэра.

Из выделенных курсивом слов ясен новый смысл принципа Бауэра. Основа биологической специфичности – возникающая в процессе естественного отбора “осмысленная”, целесообразная последовательность нуклеиновых оснований в полинуклеотидных молекулах нуклеиновых кислот. Чем “лучше” отобрана последовательность нуклеиновых оснований, чем “совершеннее” наследственный текст, тем, с точки зрения термодинамики, более неравновесна молекула нуклеиновых кислот и далее – соответствующие ей молекулы белков, клеточные структуры и т.д. Сохранение “неравновесных” наследственных текстов – специфическое обязательное свойство жизни. Более того, живые организмы – объекты биологической эволюции и, следовательно, они вовлечены в ходе естественного отбора в процесс возрастания количества и качества информации, т.е., с точки зрения термодинамики, в процесс возрастания неравновесности. В самом деле: “Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии (поскольку условие жизни – уникальные наследственные тексты в нуклеиновых кислотах, уникальные последовательности аминокислотных остатков в белках и т.п.) и постоянно исполняют за счет своей свободной энергии работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях” (т.е. используют накопленную в ходе эволюции информацию, зафиксированную в свойствах белков и других молекул, для матричного воспроизведения макромолекул и репарации мутационных нарушений).

Еще более общее значение принцип Бауэра имеет в эволюционном смысле. В процессе эволюции (“все и только живые”...) происходит все большее удаление биологических систем от равновесия – от бессмысленного, случайного сочетания нуклеиновых оснований – букв – в полинуклеотидных цепях – наследственных текстах.

Вторая часть “Теоретической биологии” Э.С.Бауэра называется “Теория жизненных явлений”. В ней на основании принципа устойчивого неравновесия в отдельных главах “Обмен веществ и граница ассимиляции”, “Размножение”, “Приспособление”, “Раздражимость”, “Эволюция” показаны логические следствия исходного принципа. Эти главы замечательны стилем и логикой изложения, демонстрацией плодотворности дедуктивного метода. “Информа-

ционно-эволюционная" интерпретация принципа Бауэра делает эти логические построения вполне современными, показывая еще раз, как далеко опередил Э.С.Бауэр свое время. Более подробный анализ этих глав требует отдельного исследования и частично представлен в публикуемых далее трудах участников симпозиума.

8. Революционное мировоззрение, творчество и жизненный путь Э.С.Бауэра

В XVIII и XIX вв. сочетается развитие науки с ростом революционных настроений. Великую Французскую Революцию подготовили энциклопедисты вместе с Вольтером и Руссо.

Становление современной нам физики, химии, математики, биологии, обобщение успехов этих наук философами в конце XIX – начале XX вв. взаимосвязано с бурными событиями "эпохи войн и революций". Эта эпоха, идеи Свободы, Равенства, Братства, Социальной справедливости создали самоотверженных и бескорыстных "борцов за народное дело". В наше время особый смысл заключается в том, что ученые большого масштаба были убежденными марксистами, органически сочетали свои исследования в специальных областях науки с активной революционной деятельностью. Чем объяснилось такое сочетание? Помимо нравственного чувства, стремления преодолеть социальную несправедливость, здесь, по-видимому, наиболее существен особый, романтический характер марксизма конца XIX – начала XX вв., то, что марксизм – научная дисциплина, весьма привлекательная для людей, склонных к научному творчеству.

Становление марксизма тесно сопряжено с прогрессом других наук – физики, химии, математики, биологии. Сопряжено самым общим фундаментом – расширением концепции детерминизма.

В середине XIX в. было осознано, что четкие вычислимые закономерности свойственны и процессам, в основе которых находятся случайные элементарные события.

Беспорядочное, хаотическое тепловое движение молекул в результате случайных соударений приводит к вполне определенным величинам температуры и давления (статистическая физика).

Множество случайных взаимодействий живых организмов между собой и с окружающей средой закономерно определяет направление и темпы биологической эволюции (дарвиновская теория эволюции – дарвинизм).

Множество случайных, "рыночных" взаимодействий в системе товарного производства приводит к закономерным изменениям социальных отношений (политэкономия марксизма). Эта общенаучная, междисциплинарная концепция стохастического детерминизма представляется одним из самых больших достижений человеческой мысли XIX в.

Возникшее в эпоху Возрождения гордое чувство могущества ра-

зума нашло в этой концепции новую опору: подвластны разуму, рациональны и процессы, представлявшие ранее хаотическими и потому незакономерными. Романтика мысли марксизма была таким образом созвучна настроениям естествоиспытателей. Сочетание подъема революционных настроений и развитие наук привело к формированию людей особого типа – ученого-революционера. Романтиков, рыцарей революции увлекла в марксизме логика и красота науки. Так соединились научная мысль естествоиспытателей со стройной системой представлений политической экономии и философии.

Рожденный в XIX в. марксизм был естественной составной частью науки того времени. "Вероятностный детерминизм" составляет основу как политэкономии марксизма, так и основу теории эволюции Дарвина, и основу статистической физики Максвелла-Больцмана (подробнее об этом в [6, с. 84–105]). Эта принадлежность марксизма общемировому развитию мысли XIX в. ярко отразилась в работах Ф.Энгельса "Анти-Дюринг" и "Диалектика природы". Можно представить себе, как привлекательно все это было для молодых людей с душой, уязвленной социальной несправедливостью современного общества, сочетавших стремление к научному знанию с готовностью отдать свою жизнь "борьбе за светлое будущее".

В конце XIX – начале XX вв. многие выдающиеся люди стремились сочетать научную работу и революционную деятельность. Достаточно назвать Н.А.Морозова, А.И.Ульянова, П.К.Штенберга, А.В.Луначарского. Э.С.Бауэр – представитель людей такого типа.

Эрвин Бауэр* родился 19 октября 1890 г. в г.Лече, принадлежавшем в то время Венгрии (сейчас это г.Левоча в Чехословакии). Его отец – Симон Бауэр – был учителем французского и немецкого языков в реальном училище в г.Сегеда. Мать также была преподавательницей иностранных языков – французского и английского – в женской гимназии Сегеда. Отец умер в 47 лет от рака. В семье остались трое детей: Герберт – 13 лет, Хильда – 9 лет и Эрвин – 6 лет, и матери пришлось очень нелегко. Э.Бауэр окончил медицинский факультет Университета Геттингена в Германии, где занимался гистологией и патологической анатомией. Его жизненной задачей была проблема злокачественного роста (по-видимому, под впечатлением от смерти отца).

Брат Эрвина, Герберт, стал видным венгерским писателем и режиссером, известным под именем Бела Белаж. Он долго жил в Германии, а затем в СССР. Возвратился в Венгрию после разгрома фашизма. Лауреат премии имени Кэшута.

В 1914 г. Бауэр сдал экзамены на врача и с началом первой мировой войны был мобилизован в австро-венгерскую армию. В

* Биография Э.С.Бауэра излагается по текстам Б.П.Токина и М.Э.Бауэра.

1915–1918 гг. работал в гарнизонной больнице, где выполнил ряд исследований в области медицины и теоретической биологии.

Первая жена Э.Бауэра — известная венгерская писательница Маргит Кафка и их маленький сын умерли от гриппа в 1918 г. В это же время Бауэр, увлеченный революционной деятельностью, участвует в Венгерской революции 1919 г. и после падения Республики, осенью 1919 г. вместе со своей второй женой Стефанией Сциллард эмигрирует сначала в Вену, а затем в Геттинген. В 1921 г. Бауэры приехали в Прагу, где Э.Бауэр стал ассистентом профессора Ружчки в отделе общей биологии и экспериментальной морфологии Карлова университета. В этот период его особенно интересовали реакции клеток на различные факторы внешней среды в связи с общей теорией жизненных явлений. В 1920 г. Бауэр публикует первую свою книгу, посвященную общим проблемам биологии: "Grundprinzipien der Reinen Naturwissenschaftlichen Biologie".

В 1925 г. по приглашению Института профессиональных заболеваний им. Обука Бауэры приехали в Москву. Вместе с Бауэром в лаборатории общей биологии работали, ставшие затем известными учеными, Д.Л.Талмуд, Н.А.Маслов, В.А.Белицер. В 1930 г. Э.С.Бауэр издает на русском языке книгу "Физические основы в биологии" [10] — дальнейший шаг в развитии его теоретических представлений.

В 1931 г. Б.П.Токин, бывший тогда директором Биологического института им. К.А.Тимирязева, пригласил Э.С.Бауэра для организации лаборатории общей биологии и разработки проблем теоретической биологии. В этом институте работали видные ученые — С.М.Гершензон, М.М.Камшилов, М.С.Мицкевич, А.С.Серебровский, Х.С.Каштоянц. Непосредственно с Э.С.Бауэром работали протистолог А.М.Лунц, зоолог А.М.Грановская, физиолог В.А.Мужеев, биохимик С.Д.Борздыко, иммунолог А.Г.Филатова.

В 1934 г. в Ленинграде создается Всесоюзный институт экспериментальной медицины (ВИЭМ). Бауэр был приглашен в ВИЭМ для организации отдела общей биологии. В этом отделе был ряд лабораторий — электробиологическая (зав. В.А.Мужеев), обмена веществ (зав. В.С.Брандгендлер), раковая (зав. Л.М.Шаб-бад), общей биологии (Г.Г.Винберг), лаборатория биологической и физической химии (консультант — С.Ю.Северин, сотрудник А.В.Лызлова), биофизическая лаборатория (зав. Г.Ю.Гринберг), а аспирантуре были Н.В.Ельцина, С.Н.Романов, Н.И.Грекова. В 1935 г. выходит в свет главный труд Э.С.Бауэра "Теоретическая биология" [1]. В 1925 г. в семье Бауэров родился сын Михаил, в 1933 г. — сын Карл.

Э.С.Бауэр установил тесную связь с выдающимися физиками А.Ф.Иоффе, Н.Н.Семеновым, Я.И.Френкелем. В Физико-техническом институте проходили совместные семинары физиков и биологов. Так Я.И.Френкель делал доклад о злокачественных опухолях и о действии на ткани ионизирующих излучений.

"...на квартире Э.С.Бауэра в редкие часы отдыха собирались друзья по науке. Музыцировали. Я.И.Френкель и Ст. Бауэр играли на скрипке. Э.Бауэр аккомпанировал на фортепьяно или также играл на скрипке".

Эта идиллическая картина не отражает трагического содержания тех дней. Эрвин и Стефания Бауэры приехали в Советский Союз в 1925 г. — в период удивительного расцвета — своеобразного Ренессанса науки и культуры в стране. Этот расцвет был очень кратким. Пятилетие 1924—1929 гг. необходимо пристально исследовать и историкам и методологам науки*. В это время формируются и расцветают научные школы физиков А.Ф.Иоффе, Н.Н.Семенова, Л.И.Мандельштама, химиков А.Е.Чичибабина, Н.Д.Зелинского, математиков Н.Н.Лузина, биологов Н.К.Кольцова, Н.И.Вавилова, А.А.Ухтомского, И.П.Павлова, психологов В.С.Выгодского, экономистов Чаянова, Н.Д.Кондратьева. Создает свои научные обобщения В.И.Вернадский, пионерские труды К.Э.Циолковского служат стимулом для работ по реактивному движению, классические работы по "гелиобиологии" А.Л.Чижевского создают новое научное направление, работают талантливые авиаконструкторы, лингвисты, литературоведы, музыковеды. Откуда все это? Основа этого интеллектуального взрыва была заложена многими предшествующими десятилетиями. Отмена крепостного права. Развитие промышленности. Реформа образования. Революционные настроения в обществе. Огромная работа "народных просветителей" — популяризаторов, книгоиздателей, организаторов школ, курсов. Благотворительная деятельность, меценатство: "общество содействия успехам опытных наук и их практического применения имени Х.С.Леденцова при Московском Университете и Императорском Московском Высшем Техническом училище" и символ всего этого движения — "Народный Университет им. А.Л.Шанявского", открытый в Москве в 1908 г. Под действием этого общественного настроения А.А.Ухтомский ушел из духовной академии в науку, не стал промышленником и торговцем Н.И.Вавилов, врачи В.Ю.Чаговец и П.П.Лазарев стали основоположниками современной биофизики.

Под действием этого настроения, создавая его, купцы Третьяковы, Алексеев (Станиславский), Мамонтов, Морозовы, Леденцов и др. отдавали свои деньги и силы на создание музеев, театров, строительство научных институтов и клиник.

После трудных лет мировой и гражданской войны, после революции и перехода к мирной жизни и НЭПу, носители духа науки и просвещения — прогрессивные интеллигенты дореволюционного времени и их молодые ученики с огромной энергией и страстью устремились к прерванным занятиям. Это яркое по

* Это было яркое "цветение перед гибелью" — разгромом науки в 1929—1937 гг.

интеллекту и настроению научное сообщество приняло Э.С.Бауэра с "полным резонансом".

Возможно, что Э.С.Бауэр – венгерский коммунист – мог легче принять чуждые для беспартийных интеллигентов формы взаимодействия партийного и государственного руководства наукой.

Это руководство было произвольным и догматическим. Нелепые ярлыки и "проработки" с позиций "классовости науки" или единственно верного общенаучного учения диалектического материализма делали работу многих ученых крайне трудной. Выдающиеся ученые изгонялись из университетов и научных обществ. В 1927 г. развернулась борьба с "меньшевистствующими идеалистами" в науке (им был объявлен, например, Н.К.Кольцов). Б.П.Токин, пригласивший Э.С.Бауэра, как отмечено выше, в руководимый им институт, был одним из активнейших представителей партийного "руководства" наукой. Активные гонения ученых, затихшие было в период 1924–1929 гг., разыгрались с новой силой в 1929 г. – когда, в частности, был ошельмован и выслан в Нижний Новгород выдающийся генетик С.С.Четвериков. Эта активация гонений была частью кампании подавления свободной научной мысли, проявившейся более всего в преследовании обществоведов, экономистов, историков (арест Чаянова, Кондратьева), сопряженное с "шахтинским делом" и другими процессами преследования технической и гуманитарной интеллигенции. Наиболее тяжелый период начался после убийства С.М.Кирова в 1934 г. Особенно трудной была ситуация в Ленинграде, куда в 1934 г. переехали из Москвы Бауэры. В 1937 г. Эрвин Бауэр и Стефания Сциллард были арестованы. Они никогда более не видели друг друга и своих детей. Старшему, Михаилу, было 12 лет, младшему, Карлу – 3 года. Судьба этих детей типична для этого времени террора и геноцида. Детей поместили в разные детдома. Мише с большим трудом удалось добиться перевода в детдом, находившийся в том же городе, что и детдом, где был Карл. Миша навещал младшего брата, как мог утешал и согревал его. В 1941 г. судьбы братьев разошлись. Миша просился на фронт, но был отправлен в концлагерь. Карла Бауэра переименовали в Василия Бычкова и следы его на долгие годы затерялись.

После XX съезда и полной реабилитации родителей М.Э.Бауэр вернулся в Ленинград. Немногие из бывших друзей родителей проявившие при этом высокие человеческие качества – с тем большей благодарностью отмечает М.Э.Бауэр Б.П.Токина, А.Д.Сперанского и душевное участие сотрудника Э.С.Бауэра В.А.Мужеева. В трудных условиях М.Бауэр получил образование инженера, работал на заводе. Поиски Карла были весьма драматичными и их описание составило бы одну из характерных повестей нашего жестокого времени. Карл – Василий Бычков – смутно помнил, что у него был брат, что он Бауэр, и убедился в этом почти случайно, прочитав в ежегоднике БЭС в дополнительном томе – краткую статью "Э.С.Бауэр – выдающийся советский и венгерский ученый-

биолог..." Дочь М.Э.Бауэра – Светлана Михайловна – математик, преподаватель Ленинградского университета – носитель генов и традиций этой замечательной семьи – показалась мне очень похожей на Стефанию Бауэр-Сциллард, свою бабушку, талантливого математика, чья статья в сотрудничестве с А.Н.Колмогоровым была опубликована в Докладах АН СССР в 1934 г.

Осталось сказать немного о судьбе главного труда Э.С.Бауэра. Его книгу "Теоретическая биология" после многих и многих усилий автора этой статьи, а также академика Г.М.Франка, академика АН Венгрии Й.Тидьи факсимильно переиздало для Советского Союза издательство Венгерской Академии наук.

Однако с 1982 г. весь тираж (на русском и английском языках) остался в Венгрии, так как наша "Международная книга" отказалась завезти его в Советский Союз.

Б.П.Токин в 1963 и 1965 гг. выпустил в свет двумя изданиями свою книгу "Теоретическая биология и творчество Э.С.Бауэра" [7]. Труды Бауэра цитируют наши философы И.Т.Фролов, В.Г.Афанасьев, Р.С.Карпинская, А.И.Алешин; его термодинамические, кинетические и общебиологические представления обсуждали А.И.Зотин, Л.А.Блюменфельд, В.П.Казначеев. Однако должного вовлечения идей и работ Э.С.Бауэра в современный "научный метаболизм" пока нет. Задача состоявшегося 29 октября – 2 ноября 1990 г. симпозиума в Пущине, как и этой статьи, привлечь внимание к творчеству Э.С.Бауэра новых поколений исследователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М., 1935.
2. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. М., 1970.
3. Хургин Ю.И., Чернавский Д.С., Шноль С.Э. Молекула белка – фермента как механические системы//Колебательные процессы в биол. и хим. системах. М.: Наука, 1967.
4. Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. М.: Наука, 1974.
5. Шноль С.Э. Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979.
6. Шноль С.Э. О динамике новых истин в науке о жизни//Кибернетика живого. Биология и информация. М.: Наука, 1989.
7. Токин Б.П. Теоретическая биология и творчество Э.С.Бауэра. М., 1963.
8. Бауэр М.Э. Личные сообщения.
9. Bauer S.E. Grundrprinzipien der Rienen... Praga, 1920.
10. Бауэр Э.С. Физические основы в биологии. М., 1930.

МЕСТО Э.С.БАУЭРА В ИСТОРИИ БИОЛОГИИ РАЗВИТИЯ

А.И.Зотин, Р.С.Зотина

Выдающийся советский биолог Эрвин Симонович Бауэр одним из первых попытался создать основы теоретической биологии, опираясь на прочные термодинамические принципы. В его монографиях [Бауэр, 1920; 1930; 1935], особенно в последней, которая носит

многообещающее название "Теоретическая биология", все основные проблемы общей биологии – обмен веществ, раздражимость и возбудимость, онтогенез и эволюция организмов – изложены, исходя из единого термодинамического принципа – принципа устойчивого неравновесия. Хотя он и не является специфическим для живых систем, как считал Э.С.Бауэр [Воробьева, Зотин, 1973], но вместе с принципом наименьшей продукции энтропии [Пригожин, 1960] и принципом наименьшей диссипации энергии [Зотин, 1988], по-видимому, может быть использован в качестве термодинамической основы теоретической биологии.

Как следует из монографии Э.С.Бауэра [1935] и из логики биологических исследований, теоретическая биология на феноменологическом уровне должна включать в себя четыре раздела: организмы, онтогенез, популяции, филогенез. Все эти крупнейшие проблемы биологии имеют длительную историю и для того, чтобы определить место Э.С.Бауэра и его роль в их разработке, требуются специальные исследования. В данной работе мы коснемся только проблем онтогенеза или, как теперь принято говорить, проблем биологии развития.

Любые явления, происходящие в природе, можно разбить на два класса: протекающие самопроизвольно – *естественные процессы* и протекающие под действием каких-либо сил – *наведенные процессы*. Естественные процессы представляют собой переход системы из менее вероятного состояния к более вероятному, т.е. в случае термодинамических систем – от неравновесного состояния к равновесному, от нестационарного к стационарному. Наведенные процессы могут представлять собой не только движение системы в сторону равновесия, но и в сторону увеличения неравновесности, т.е. к менее вероятному состоянию. Последнее в соответствии со вторым началом термодинамики может происходить только под действием внешних сил и лишь временно, если силы действуют изнутри системы. В противном случае мы должны отказаться от второго начала термодинамики, вводя особые нефизические силы или законы. Процесс, происходящий под действием подобного рода нефизических сил, мы будем называть *неестественным процессом*. Ниже мы рассмотрим теории естественных и неестественных процессов, которые основаны на термодинамических соображениях.

Развитие как естественный процесс

Еще Август Вейсман, а еще раньше Вильгельм Ру, обосновали и развили так называемую мозаичную теорию, согласно которой в ходе развития организмов происходит падение потенциала клеток, связанное по мнению Вейсмана, с неравнонаследственным делением клеток [Светлов, 1978; Баглай, 1979]. Идея Вейсмана о снижении потенциальных возможностей организма в ходе развития получила широкое распространение в многочисленных теориях старения

[Аршавский, 1982; Никитин, 1982; Дупленко, 1985]. Во всех подобного рода теориях в скрытом виде присутствует идея о том, что онтогенез представляет собой переход живой системы из менее вероятного состояния в более вероятное. Наиболее последовательно эту точку зрения воплотил в жизнь Э.С.Бауэр, опираясь на термодинамические соображения [Бауэр, 1920, 1930, 1935].

Теория Бауэра. Представления Эрвина Симоновича, касающиеся основных положений теоретической биологии, изложены в его монографии 1935 г., а также в работах некоторых авторов [Токин, 1965; Воробьева, Зотин, 1973; Дупленко, 1985]. Они посвящены общей теории жизненных явлений и опираются на основные понятия классической термодинамики, а также предложенный Бауэром принцип устойчивого неравновесия. Основные выводы, которые сделал Бауэр в отношении процессов онтогенеза состоят в следующем: 1) процесс развития и роста организмов сопровождается уменьшением свободной энергии структур; 2) во время оогенеза происходит перезарядка живой системы и яйцеклетка приобретает более высокий потенциал (уровень свободной энергии структур), достаточный для того, чтобы система вновь приступила к развитию и росту.

Из сказанного видно, что представления Бауэра, хотя сам он так не считал, целиком лежат в рамках классической термодинамики. Основное различие между термодинамикой равновесных и неравновесных процессов состоит в том, что первая использует понятия энтропия, свободная энергия и т.д., вторая — скорости изменения этих функций (поток энтропии, продукция энтропии и т.д.). Приближение организмов в процессе развития и роста к равновесному состоянию Бауэр характеризует уменьшением удельной свободной энергии организма, а не скоростью продукции энтропии, оставаясь тем самым в рамках применимости классической термодинамики.

Э.С.Бауэр предположил [1935], что свободная энергия структур, о которой идет речь в его теории, состоит в особом состоянии белков — “живых белков”. По его представлениям, химическая энергия пищи в процессе обмена веществ используется для перевода белков в особое деформированное состояние, т.е. фиксируется в виде свободной энергии деформации. Эта свободная энергия может затем использоваться в организме для совершения работы, реакций метаболизма и т.д. Последующее развитие науки показало, что гипотеза Э.С.Бауэра о “живых белках” не верна, однако сама идея о том, что энергия пищи используется не прямо для совершения работы внутри или вне организма, а сначала накапливается в виде структурной энергии, полностью себя оправдала. По современным представлениям центральным пунктом энергетики живых систем является система $АТФ \rightleftharpoons АДФ + \Phi$, которая выполняет роль унифицированного аккумулятора энергии [Скулачев, 1969]. Зарядка аденилового аккумулятора состоит в фосфорилировании АДФ и образовании

АТФ, разрядка — в дефосфорилировании АТФ. В этом случае химическая энергия пищи также используется не прямо для осуществления различных функций клетки, а фиксируется сначала в виде свободной энергии молекул АТФ. Более того, изучение механизма окислительного фосфорилирования привело к построению хемиосмотической теории Митчела, согласно которой энергия окислительных процессов сначала трансформируется в мембранный потенциал митохондрий и только после этого переводится в энергию макроэргических связей АТФ, а иногда используется непосредственно для нужд клетки [Скулачев, 1972; Николис, 1985]. Это еще больше сближает современные представления о биоэнергетике с идеей Бауэра, который считал, что деформированное состояние белков является источником электрического потенциала на мембранах. Другими словами, по мысли Бауэра, структурная энергия связана с мембранным потенциалом и проверка его теории, согласно которой в ходе онтогенеза происходит уменьшение свободной энергии структур, может быть осуществлена путем измерения электрического потенциала клеток. Теперь ясно, что эта проверка должна состоять в измерении мембранного потенциала митохондрий, а не клеток, что сделать в принципе возможно, но значительно труднее.

Есть и другой путь проверки правильности представлений Бауэра: изучение концентрации АТФ в клетках развивающегося организма, что сделать значительно проще, чем измерять мембранный потенциал митохондрий. Такие данные имеются в литературе и следует отметить, что они в целом подтверждают предположение Бауэра об уменьшении “свободной энергии структур” в ходе онтогенеза животных. Это, однако, не является доказательством правильности теории развития организмов Бауэра и подтверждением возможности использования понятий классической термодинамики для описания биологических процессов. Содержание АТФ в клетках полностью определяется скоростями синтеза и распада этого соединения, поэтому именно скорости процессов и особенно окислительных реакций и гликолиза определяют изменение содержания АТФ. Речь, следовательно, должна идти не об изменении свободной энергии структур, а об изменении скорости продукции энтропии в живой системе. Об этом речь идет в теории Пригожина-Виама, на которой мы остановимся позднее, а сейчас вернемся к другим попыткам использования представлений классической термодинамики для понимания процессов онтогенеза.

Теория Сальцера. Согласно Сальцеру [Salzer, 1957], к процессам развития и роста животных приложимо одно из основных соотношений классической термодинамики — уравнение Гиббса. При определении параметров, определяющих развитие и рост организмов, проводится полная аналогия с термодинамическими параметрами, входящими в это уравнение. В качестве фактора экстенсивности, характеризующего рост тканей, берется число

клеток, а фактора интенсивности – "потенциал роста" $G_i = \frac{\partial U_i}{\partial N_i}$, где N – число клеток, U – внутренняя энергия системы. В случае злокачественного роста этот потенциал берется со знаком минус.

Ко времени появления статьи Сальцера [Salzer, 1957] уже была создана термодинамика линейных необратимых процессов [Prigogine, 1947; de Groot, 1952], появилась термодинамическая теория развития Пригожина-Виама [Prigogine, Wiame, 1946; Prigogine, 1947] и Сальцер цитирует эти работы. Однако он считал, что термодинамика неравновесных процессов ко времени написания его статьи была еще недостаточно развита, поэтому он предпочел использовать соотношения более устоявшейся классической термодинамики.

Перевод своей теории на язык неравновесной термодинамики автор осуществил позднее, опираясь на аналогию с химической термодинамикой [Salzer, 1982]. Используя уравнение Гиббса, он принимает, что потоки в случае роста организмов равны скоростям изменения числа клеток $\frac{\partial N_i}{\partial t}$, а термодинамические силы – производным $\frac{\partial G_i}{\partial x_i}$, где x_i – координаты тканей. Такой подход к пониманию

развития и роста позволил автору постулировать новые для растущих организмов эффекты: электроростовой эффект, терморостовой эффект, эффект взаимодействия химического сродства и роста и др. [Salzer, 1982]. Он предлагает различные соотношения для этих эффектов, которые по его мнению, могут дать возможность экспериментального определения "потенциала роста".

Сальцер [Salzer, 1957, 1982] не приводит никаких экспериментальных данных, подтверждающих его теорию. Понятие "потенциалы роста" остается пока чисто гипотетическим. Не совсем ясно также, можно ли характеризовать рост организмов только числом клеток, так как увеличение массы тела зависит не только от числа клеток, но и неклеточных образований, а рост простейших вообще выходит за рамки теории Сальцера.

Сравнительно недавно вновь была предпринята настойчивая попытка использовать понятия классической термодинамики и, в частности, уравнения Гиббса для описания биологических процессов, включая процессы онтогенеза и эволюции [Гладышев, 1977; Ершов, 1983]. Эта попытка является в некотором отношении шагом назад по сравнению с теорией Сальцера, так как последний, с одной стороны, предлагает не ограничиваться уравнением Гиббса в классической форме, а ввести в него специфические для живых систем параметры, с другой – перевести понятия своей теории на язык термодинамики неравновесных процессов [Salzer, 1982]. В работах же Гладышева и Ершова речь идет об использовании уравнений Гиббса в терминах химических потенциалов. С точки

зрения биологии подобная попытка нереальна не только по методологическим соображениям, но и по чисто техническим причинам: невозможно учесть все химические и физические процессы, происходящие в живых системах, чтобы учесть их в уравнении Гиббса.

И все же главным недостатком упомянутых теорий, включая теорию Э.С.Бауэра, является не то, что они трудны для экспериментальной проверки, а то, что их основные понятия прочно связаны с равновесной термодинамикой, в то время как живые организмы являются заведомо неравновесными системами.

Теория Пригожина-Виам. Теорию развития и роста организмов, близкую по методологии теории Бауэра, но основанную на представлениях термодинамики линейных необратимых процессов, в кратком виде высказали Пригожин и Виам [Prigogine, Wiame, 1946; Пригожин, 1960]. Многочисленные следствия, вытекающие из этой теории, и факты, подтверждающие ее, подробно изложены в наших публикациях [Зотин, 1974; Зотин, Зотина, 1969, 1976; Зотина, Зотин, 1976, 1980], а также в публикациях других авторов [Николаев, 1971; Briedis, Seavrove, 1984; Рубин, 1984; Brooks, Wiley, 1986].

Согласно теории Пригожина-Виам, развитие, рост и старение организмов представляет собой процесс приближения живой системы к конечному стационарному состоянию. Стационарное состояние живых организмов, как и неживых систем, можно характеризовать по теореме Пригожина минимальной и константной скоростью продукции энтропии. Таким образом, в этой теории предполагается, что развитие и рост организмов сопровождается непрерывным снижением удельной скорости продукции энтропии. Так как удельную скорость продукции энтропии в живых системах можно приравнять с известным приближением интенсивности энергетического метаболизма, то основное утверждение теории состоит в том, что в процессе онтогенеза должно происходить непрерывное снижение интенсивности дыхания и гликолиза. Обратный процесс увеличения удельной скорости продукции энтропии должен осуществляться в период оогенеза за счет сопряженных процессов, происходящих в материнском организме [Зотин, Зотина, 1969, 1976; Зотин, 1974].

Попытка Пригожина и Виам использовать понятие термодинамики линейных необратимых процессов для описания процессов развития и роста организмов встретила как положительное, так и отрицательное отношение. Выдвинуты два основных возражения: 1) теория Пригожина-Виам не подтверждается экспериментальными данными, полученными при изучении интенсивности дыхания и теплопродукции на ранних стадиях развития животных и при росте культур микроорганизмов; 2) ограничения, накладываемые на системы термодинамикой линейных необратимых процессов, не выполняются во время развития и роста животных. Не останавливаясь на этих возражениях, многие из которых не совсем корректны, следует все же признать, что некоторая критика справедлива и

теория Пригожина-Виама требует значительной модернизации. Но для нас в данной работе важно не это, а то, что она фактически является преемницей теории Бауэра на новом этапе развития науки с использованием более обоснованного теоретического аппарата. Эти две теории не противоречат друг другу и во многих случаях приводят к сходным выводам.

Развитие как неестественный процесс

Хотя многое в естественных теориях развития (Бауэра, Сальцера, Пригожина-Виама) при буквальном толковании некоторых их положений кажется мало обоснованным и неверным, основной вывод этих теорий, согласно которому онтогенез представляет собой переход живой системы из менее вероятного состояния в более вероятное, должен быть справедлив. В противном случае мы должны встать на путь формулировки нефизических причин и законов, что нарушает наш взгляд на природу как на нечто единое целое.

Подобно естественным теориям развития, неестественные теории имеют длительную историю в виде различного рода течений в виталистическом понимании процессов развития. Несмотря на значительные различия, суть их одна: все они рассматривают онтогенез как наведенный процесс, движущие силы которого имеют нефизическую природу или связаны с особыми, специфическими для живых систем законами. В теориях термодинамического плана представления такого рода обычно основаны на отрицании второго начала термодинамики. Остановимся на некоторых из них.

Теория Ауэрбаха-Нагорного. Согласно представлениям Нагорного, [1938, 1940] яйцеклетка животных обладает крайне низким метаболизмом. Из этого следует, что после оплодотворения интенсивность энергетического метаболизма должна возрастать. С другой стороны, хорошо известно, что у взрослых организмов интенсивность энергетического метаболизма ниже, чем у молодых. Отсюда следует, что изменение интенсивности энергетического метаболизма в онтогенезе должно описываться кривой с максимумом. По мнению Нагорного [1940] наличие такого максимума является доказанным фактором и речь может идти только о необходимости объяснения этого факта. В действительности дело значительно сложнее и во многих случаях обнаружение максимума на кривой изменения интенсивности потребления кислорода в зависимости от возраста животных связано с методическими неточностями [Зотин, 1974; Зотин, Зотина, 1976]. Однако в некоторых случаях, например, в онтогенезе рыб, такой максимум действительно обнаружен [Озернюк, 1985].

Как же объясняет А.В.Нагорный наличие максимума интенсивности энергетического метаболизма на ранних стадиях онтогенеза животных? По его представлениям дифференцировка, происходящая на ранних стадиях развития, приводит к увеличению раз-

ности потенциалов (речь идет, по-видимому, о термодинамических потенциалах) в клетках и тканях, что в свою очередь приводит к повышению интенсивности метаболизма [Нагорный, 1938, 1940]. Возникающие в процессе дифференцировки структуры останавливают этот процесс, а затем разность потенциалов и скорость самообновления структур снижается, что особенно характерно для процессов старения организмов. В процессе онтогенеза происходит как бы борьба факторов, повышающих и создающих новые потенциалы (ассимиляция), и факторов, снижающих потенциалы (диссимиляция). Нагорный [1938, 1940] называет процесс увеличения потенциалов на ранних стадиях развития *экстропическим*, а процесс снижения потенциалов при старении — *энтропическим*. Эта терминология и сама идея *экстропических* и *энтропических* процессов заимствована им из работ Ауэрбаха [1911, 1913], который без конкретных примеров и, исходя из очень общих положений высказал идею, что в процессе индивидуального развития животных сначала происходит увеличение энтропии, затем она достигает максимума и снижается в процессе старения.

Несколько слов о термине эктропия, введенном Ауэрбахом. Автор много времени занимался популяризацией понятия энтропии [Ауэрбах, 1907] и делал это на уровне своего времени вполне успешно, доказывая и показывая, что энтропия в изолированных системах возрастает по мере протекания в них необратимых процессов. Он отмечает, что имеется много процессов, при протекании которых энтропия не возрастает, а убывает, и предложил характеризовать такие процессы новым термином — эктропией [Ауэрбах, 1911]. С современной точки зрения не ясно, зачем для характеристики подобных процессов нужно было вводить новый термин — достаточно и термина энтропия. И действительно, в термодинамике термин эктропия не прижился, хотя позднее появились аналогичные термины: отрицательная энтропия [Шредингер, 1947] и негэнтропия [Бриллюэн, 1960], которые также не прижились. Вопросы, связанные с этой терминологией, мы сейчас обсуждать не будем, так как они обсуждены достаточно подробно в других работах [Зотин, 1971, 1988; Блюменфельд, 1974]. Отметим только, что в общем виде наличие процессов, при которых энтропия системы уменьшается, не противоречит второму началу термодинамики, так как такие процессы могут осуществляться за счет сопряженных процессов, протекающих в других частях системы. Другое дело, когда речь идет о таких четко выделяемых системах, как живые организмы. В данном случае никаких сопряженных процессов вне системы, способных уменьшить энтропию организмов, не происходит и увеличение эктропии (уменьшение энтропии) может происходить только в том случае, если для живых систем не выполняется второе начало термодинамики. Таким образом, в теории Ауэрбаха [1911] и Нагорного [1938, 1940], в скрытом виде присутствует отрицание второго начала термодинамики и эту теорию можно отнести к разряду неестественных теорий развития.

Теория Аршавского. В многочисленных статьях [Аршавский, 1971, 1975, 1977] и двух монографиях [И.А.Аршавский, 1967, 1982] автор предложил физиологическую теорию индивидуального развития организмов, которая близка взглядам Ауэрбаха [1911, 1913] и Нагорного [1938, 1940] и содержит в себе отрицание второго начала термодинамики. Теорию Аршавского можно считать антиподом теории Бауэра.

В основе представлений Аршавского [1967, 1982] лежит так называемое "энергетическое правило скелетных мышц", согласно которому особенности энергетики и развития организмов определяются особенностями функционирования скелетной мускулатуры. Смысл этого правила состоит в том, что работа мышц (катаболизм) индуцирует восстановительные процессы (анаболизм), причем мышечная система в процессе анаболизма не просто восстанавливается до начального состояния, а обязательно с некоторым увеличением ее внутренней энергии (избыточный анаболизм). Этот избыточный анаболизм ведет к тому, что в процессе развития система становится все более неравновесной вплоть до взрослого состояния, когда действие этого механизма прекращается, организмы сохраняются на стационарном уровне, а затем начинают приближаться в процессе старения к равновесному состоянию. Процесс увеличения неравновесности живой системы Аршавский [1967, 1982] называет негэнтропийным (аналог эктропийного процесса в теории Нагорного), а процесс приближения организмов к равновесию во время старения – энтропийным. Автор различает две формы избыточного анаболизма: первая выражается в избыточном накоплении массы, что и обуславливает процесс роста организма и увеличение внутренней энергии, вторая – в избыточном накоплении структурно-энергетического потенциала, т.е. удельной свободной энергии системы.

Очевидно, что энергетическое правило скелетных мышц не может быть применено ко всем животным и, тем более, к растениям, а также к периоду зародышевого развития, предшествующему образованию скелетных мышц. Поэтому Аршавский [1971, 1975, 1982, 1977] предложил и расширенный вариант этого правила, назвав его "правилом двигательной активности". Согласно правилу двигательной активности, индивидуальное развитие организмов представляет собой принципиально негэнтропийный процесс, в ходе которого степень неравновесности и энергетический фонд организма не снижается, а, наоборот, все более и более увеличивается, достигая максимума в так называемом стационарном состоянии, т.е. во взрослом, детородном периоде [Аршавский, 1982, с. 32].

Аршавский считает, что энергетическое правило скелетных мышц или правило двигательной активности является специфическим законом жизни, который не согласуется со вторым началом термодинамики: "неподчинение второму принципу термодинамики осуществляется самим организмом, благодаря присущей ему специфичности живого" [Аршавский, 1982, с. 37]. Отсюда следует, что теория Аршавского относится к категории неестественных теорий,

так как согласно его взглядам в ранний период развития организмов происходит переход живой системы из более вероятного состояния в менее вероятное.

Теория Тринчера. В еще большей степени к неестественным теориям развития можно отнести представления Тринчера [1961, 1963, 1964, 1965]. Автор развил теорию, согласно которой только в период роста и старения организмов они подчиняются критериям эволюции термодинамики линейных необратимых процессов, а в период развития процессы текут в противоположном направлении. Эти взгляды близки теории Ауэрбаха-Нагорного и теории Аршавского, но в отличие от этих теорий Тринчер опирается не на понятия классической термодинамики, а на понятия термодинамики неравновесных процессов. Подобно Э.С.Бауэру [1935], Тринчер [1965] развил общую теорию жизненных процессов, включающую особенности состояния живых структур, основной обмен, адаптацию и биологическую эволюцию. Но в отличие от теории Бауэра, взгляды Тринчера не являются чем-то цельным, основанным на едином принципе. Для каждого из явлений предлагается свое объяснение со своими специфическими соотношениями. Общим между всеми описываемыми им явлениями является то, что они протекают в живых системах, а "живая и неживая материя... развивается каждая по своим физическим законам" [Тринчер, 1965, с 99]. В частности, согласно Тринчеру [1962, 1965], к живым системам неприменимо второе начало термодинамики: "термодинамический принцип существования живой материи противоречит, следовательно, второму началу термодинамики..." [Тринчер, 1965, с. 91]. О процессах индивидуального развития организмов он пишет, что "элементы, составляющие живую систему, не стремятся с течением времени к достижению хаотического, наиболее вероятного распределения, а наоборот, они стремятся к такому распределению, которое соответствует все более упорядоченному состоянию структуры живой системы" [Тринчер, 1965, с. 41]. Поэтому мы можем отнести идеи Тринчера к неестественным теориям развития.

Тринчер [1961, 1965] представляет себе изменение удельной теплопродукции (удельной скорости продукции энтропии) животных в виде следующей схемы: в первую фазу (зародышевое развитие) живая система эволюционирует в сторону менее вероятного состояния, т.е. удельная теплопродукция растет, во вторую фазу (постнатальный рост) происходит уменьшение удельной теплопродукции и в третью фазу (взрослое состояние) она не меняется вплоть до агональной фазы, в течение которой величина удельной скорости продукции энтропии падает и доходит до нуля. Такое разбиение онтогенеза организма на ряд принципиально различных фаз связано, по-видимому, с хорошо известным фактом, что во время роста и старения животных происходит уменьшение удельной скорости продукции энтропии [Зотин, 1974; Зотин, Зотина, 1976] и не считаться с этими фактами невозможно. В результате теория Тринчера оказывается непоследовательной и противоречивой. С

одной стороны, он утверждает, что "живая и неживая материя... развивается каждая по своим физическим законам", с другой — оказывается, что по своим законам живая система развивается только в период зародышевого развития, а в период роста и во взрослом состоянии — по законам неживой материи. Это, конечно, не является решающим аргументом против теории Тринчера, так как ее можно всегда поправить и считать, что развитие идет и по физическим, и по нефизическим законам. Решающим аргументом являются экспериментальные данные, использованные им, которые не выдерживают критики, а также некоторые логические построения, положенные в основу его теории. Основные возражения против данных, использованных Тринчером, приведены в наших работах [Зотин, 1966, 1974; Зотин, Зотина, 1976] и поэтому мы на них останавливаться не будем, а коснемся только одного логического заблуждения, которое свойственно не только теории Тринчера, но и Нагорного.

Это логическое заблуждение вытекает из следующих рассуждений авторов. Каждый вновь возникший организм появляется от взрослого организма. Из этого следует, что он начинает свое развитие с довольно низкого уровня удельной скорости продукции энтропии. Если бы он не имел возможности увеличить удельную скорость продукции энтропии, то последующие поколения быстро снизили бы ее величину до нуля и существование вида данного организма прекратилось бы. В этом логически безупречном выводе есть одна существенная неточность. Возникновение и развитие живых систем начинается не с момента оплодотворения и, тем более, рождения организма, а значительно раньше — с момента образования половых клеток. Зародышевый путь, постулированный в свое время Вейсманом, теперь доказан фактическим материалом [Айзенштадт, 1984]. Следовательно, обратный процесс, т.е. увеличение скорости продукции энтропии может осуществиться в период развития половых клеток, когда живая система входит в состав материнского организма и это отклонение может произойти за счет сопряженных процессов, протекающих в материнском организме. Естественно, что подобные отклонения, сопровождающиеся увеличением удельной скорости продукции энтропии, не противоречат термодинамике неравновесных процессов.

Обсуждение

В истории биологии с давних пор существуют и в некотором отношении противоборствуют два направления. Одно из них основывается на представлении, что биологические явления, как и все остальные явления природы, полностью объяснимы с позиции физических законов и теорий — это направление можно

условно назвать *механистическим*. Другое направление опирается на идею, что существуют особые специфические для живых систем законы, отличные от физических — это направление можно также только условно назвать *виталистическим*. В рамках этих направлений в биологии развития возникли два своих подхода к процессам онтогенеза: соответственно *преформизм* и *эпигенез*. История преформизма и эпигенеза насыщена различными теориями и драматическими спорами [Новиков, 1927; Лункевич, 1936, 1940, 1943; Нидхэм, 1947; Бляхер, 1955; Гайсинович, 1961; Светлов, 1978; Белоусов, 1980], но она отнюдь не закончилась и в скрытом виде сохранилась в биологии развития до сих пор. Являются ли биологические процессы естественными или неестественными, с нашей точки зрения, — главный рубеж раздела между механицистами и виталистами, преформистами и эпигенетиками.

Оценивая с этой точки зрения представления Э.С.Бауэра о движущих силах онтогенеза организмов, можно отнести их к преформистским, несмотря на то, что он искал для биологии специфические законы и утверждал, что нашел такой закон в виде "принципа устойчивого неравновесия" живых систем. Как уже отмечалось [Воробьева, Зотин, 1973], устойчивое неравновесие Бауэра соответствует современному понятию стационарного состояния организованных систем [Зотин, 1988], т.е. его принцип не является специфическим законом живых систем и справедлив для множества неживых систем. Но даже если бы принцип устойчивого неравновесия, как думал Бауэр, можно было бы отнести к разряду чисто биологических принципов, его теорию следует отнести к категории преформистских или естественных в нашей терминологии, так как согласно его представлениям в процессе развития происходит уменьшение удельной

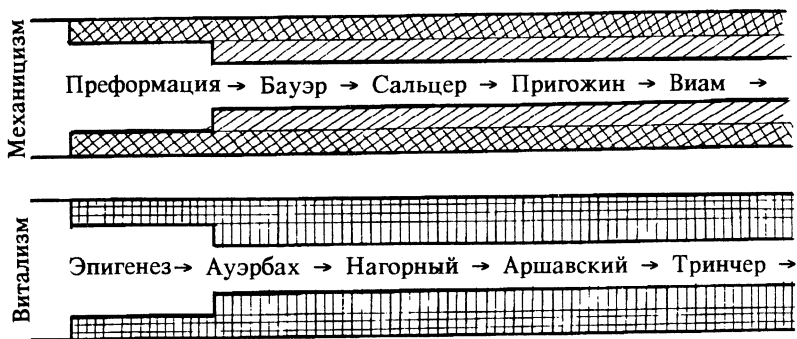


Рис. Два направления в истории биологии и ее представители, рассматривающие биологию развития на базе термодинамических представлений

свободной энергии, т.е. переход живой системы из менее вероятного состояния в более вероятное. Поэтому мы отнесли ее к разряду естественных теорий развития.

Различия и борьба между преформистскими (естественными) и эпигенетическими (неестественными) теориями развития, как показано в данной работе, сохраняются до настоящего времени. Схематически место представлений Бауэра в общем историческом потоке биологии развития можно изобразить в виде схемы (рисунок). Согласно этой схеме, преформизм и эпигенез продолжают существовать независимо друг от друга. Это объясняется, с нашей точки зрения, тем, что в биологии развития сохраняется методология, поддерживающая и то и другое направления. С одной стороны, несомненно, что природа едина и не может быть особых нефизических законов, которые резкой гранью отделяли бы живые системы от неживых. С другой стороны, существуют такие специфические для живых систем понятия, как целостность, упорядоченность и организованность. Виталисты особенно остро чувствовали и отмечали роль упорядоченности и организованности живых систем в процессе развития и пытались именно эти особенности поставить во главе угла при построении своих теорий онтогенеза. Однако в разгар успехов виталистов (конец прошлого — начало нашего века) вопросы регуляции и управления в живых системах еще не могли быть поставлены на научную основу, так как условия для постановки этих вопросов созрели только во второй половине нашего века. Поэтому виталисты искали ответов на особенности биологических явлений на пути противопоставления биологических и физических законов. Это не принесло им успеха и преобладающим стало направление, которое мы обозначаем как механистическое. Впечатляющие достижения молекулярной биологии — одно из наиболее развитых течений механицистов — казалось бы, полностью дискредитировали виталистов. Однако все попытки биологов, стоящих на механистических позициях, разобраться с процессами развития не принесли желаемого результата и к настоящему времени достаточно общая теория онтогенеза отсутствует. Это является платой за пренебрежение к вопросам упорядоченности и организованности живых систем.

Бауэр, по-видимому, ясно осознавал необходимость учета специфических особенностей живых систем и искал их на пути введения особых специфических закономерностей и, в частности, в виде принципа устойчивого неравновесия. Это была также явно преждевременная попытка, так как только с развитием кибернетики и термодинамики организованных систем можно ожидать, что независимые направления, показанные на схеме, сольются в единую феноменологическую теорию онтогенеза.

Заключение

Как видно из изложенного, традиционные для биологии развития направления при феноменологическом описании явлений развития организмов в нашем веке представлены несколькими теориями термодинамического плана, среди которых теория Бауэра выделяется своей продуманностью и полнотой.

ЛИТЕРАТУРА

- Айзенштадт Т.Б. Цитология оогенеза. М.: Наука, 1984. 247 с.
- Ариавский И.А. Очерки по возрастной физиологии. М.: Медицина, 1967. 476 с.
- Ариавский И.А. Физиологические механизмы некоторых основных закономерностей онтогенеза//Успехи физиол. науки, 1971. Т. 2. № 4. С. 100–141.
- Ариавский И.А. Факторы, определяющие рост (физиологические механизмы роста)//Количественные аспекты роста организмов. М.: Наука, 1975. С. 147–161.
- Ариавский И.А. Один из парадоксов в индивидуальном развитии организма и механизмы геронтогенеза//Физиологические и молекулярные аспекты онтогенеза. Киев: Наукова думка, 1977. С. 186–200.
- Ариавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. М.: Наука, 1982. 270 с.
- Ауэрбах Ф. Царица мира и ее тень. Одесса: Матезис, 1907. 54 с.
- Ауэрбах Ф. Эктропизмъ или физическая теорія жизни. СПб: Образование, 1911. 114 с.
- Ауэрбах Ф. Основные понятия современного естествознания. М.: Фарось, 1913. 178 с.
- Баглай Е.Б. Формирование представлений о причинах индивидуального развития. М.: Наука, 1979. 155 с.
- Бауэр Э.С. (Bauer E.) Die Grundprinzipien der rein naturwissenschaftlichen Biologie und ihre Anwendungen in der Physiologie und Pathologie Berlin: Springer, 1920. 75 p.
- Бауэр Э.С. Физические основы в биологии. М.: Изд. Мосооблздравотдел, 1930. 103 с.
- Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.-Л.: Изд. ВИЭМ, 1935. 206 с.
- Белоусов Л.В. Введение в общую эмбриологию. М.: Изд. МГУ, 1980. 211 с.
- Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. М.: Наука, 1974. 336 с.
- Бляхер Л.Я. История эмбриологии в России (с середины XVIII до середины XIX века). М.: Изд. АН СССР, 1955. 375 с.
- Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М.: Физматгиз, 1960. 392 с.
- Воробьева Т.Н., Зотин А.И. Теоретические взгляды Э.С. Бауэра и современная биология//Журн. общ. биологии, 1973. Т. 34, №1. С. 90–96.
- Гайсинович А.Е. К.Ф.Вольф и ученье о развитии организмов. М.: Изд. АН СССР. 1961. 548 с.
- Гладышев Г.П. О термодинамике биологической эволюции. Черноголовка: Ин-т хим. физ. АН СССР, 1977. 46 с.
- Дупленко Ю.К. Старение. Очерки развития проблемы. Л.: Наука, 1985. 192 с.
- Еришов Ю.А. Термодинамика квазиравновесий в биологических системах//Итоги науки. Сер. Химическая термодинамика и равновесия. М.: ВИНТИ, 1983. Т. 5. 140 с.
- Зотин А.И. Изменение скорости продукции энтропия во время эмбрионального развития и роста//Биофизика. 1966. Т. 11. №3. С. 554–557.
- Зотин А.И. По поводу использования понятий энтропия и неэнтропия в биологии//Журн. общ. биологии. 1971. Т. 32. №1. С. 27–36.
- Зотин А.И. Термодинамический подход к проблемам развития, роста и старения. М.: Наука, 1974. 183 с.

Зотин А.И. Термодинамическая основа реакций организмов на внешние и внутренние факторы. М.: Наука, 1988. 273 с.

Зотин А.И., Зотина Р.С. Термодинамический подход к проблеме развития, роста и старения//Журн. общ. биологии. 1969. Т. 30, №1. С. 94-110.

Зотин А.И., Зотина Р.С. Экспериментальная и теоретическая основа качественной феноменологической теории развития//Термодинамика биологических процессов. М.: Наука, 1976. С. 47-65.

Зотин Р.С., Зотин А.И. Дифференциальные уравнения биологии развития//Термодинамика биологических процессов. М.: Наука, 1976. С. 83-92.

Зотина Р.С., Зотин А.И. Кинетика конститутивных процессов во время развития и роста организмов//Термодинамика и кинетика биологических процессов. М.: Наука, 1980. С. 318-327.

Лункевич В.В. От Гераклита до Дарвина. М.-Л.: Биомедгиз, 1943. Т. 3, 469 с.

Нагорный А.В. О закономерностях возрастных изменений и втором принципе энергетики//Праці наук.-зоол.-біол. інституту. Сект. загаль. фізіол. Київ: Держнедвидав, 1938. Т. 5. С. 19-21.

Нагорный А.В. Проблема старения и долголетия. Харьков: Изд. ХГУ, 1940. 462 с.

Нидхэм Дж. История эмбриологии. М.: Иностран. лит., 1947. 342 с.

Никитин В.Н. Теория старения//Биология старения. Л.: Наука. С. 153-174.

Николаев Л.А. Основы физической химии биологических процессов. М.: Высш. школа, 1976. 260 с.

Николс Д.Дж. Биоэнергетика. Введение в хемиосмотическую теорию. М.: Мир, 1985, 190 с.

Новиков П.А. Теория эпигенеза в биологии. Историко-систематический обзор. М.: Изд. Ком. Академии, 1927. 98 с.

Озернюк Н.Д. Энергетический обмен в раннем онтогенезе рыб. М.: Наука, 1985. 175 с.

Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. М.: Иностран. лит., 1960. 127 с.

Рубин А.Б. Термодинамика биологических процессов. М.: МГУ, 1984. 240 с.

Светлов П.Г. Физиология (механика) развития. Л.: Наука, 1978. Т. 1. 279 с.

Скулачев В.П. Аккумуляция энергии в клетке. М.: Наука. 1969. 440 с.

Скулачев В.П. Трансформация энергии в биомембранах. М.: Наука, 1972. 203 с.

Токин Б.П. Теоретическая биология и творчество Э.С.Бауэра. Л.: Изд. ЛГУ, 1965. 176 с.

Тринчер К.С. К вопросу о применимости теоремы Пригожина в биологии//Биофизика. 1961. Т. 6. №6. С. 750-752.

Тринчер К.С. Термодинамическая теорема биологической эволюции//Биофизика. 1962. Т. 7. №6. С. 740-744.

Тринчер К.С. К термодинамике биологических процессов//Журн. физ. химии, 1963. Т. 37. №5. С. 1043-1048.

Тринчер К.С. О границе применимости физики неживого в биологии//О сущности жизни. М.: Наука, 1964. С. 156-167.

Тринчер К.С. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики. М.: Наука, 1965. 119 с.

Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: Иностран. лит., 1947. 128 с.

Briedis D., Seagrave R.C. Energy transformation and entropy production in living systems. I. Applications to embrionic growth//J.teoret. Biol., 1984. V. 110. №2. P. 173-193.

Brooks D.R., Wiley E.O. Evolution as Entropy. Toward a Unified Theory of Biology. Chicago: Univ. Press, 1986. 335 p.

Groot S.R. de Thermodynamics of Irreversible Processes. Amsterdam: North-Holland, 1952. 242 p.

Prigogine I. Etude Thermodynamique des Phénomènes irréversibles. Paris: Desser, 1947. 143 p.

Prigogine I., Wiame J.M. Biologie et thermodynamique des phénomènes irréversibles.//Experientia. 1946. V.2. №11. P. 451-453.

Salzer H.E. Toward a Gibbsian approach to the problems of growth and cancer//Acta Biotheoretica, 1957. V.12. №3. P. 135-166.

Salzer N.E. A Biological Extension of Non-Equilibrium Thermodynamics, with Applications to Growth and Cancer. New York: H.Salzer, 1982. 100 p. (manuscript).

СТРУКТУРНАЯ НЕРАВНОВЕСНОСТЬ Э.БАУЭРА И НЕКОТОРЫЕ ЯВЛЕНИЯ МОРФОГЕНЕЗА

Л.В.Белоусов

Имя Эрвина Бауэра неразрывно связано с утверждением о неравновесности молекулярного субстрата живых систем как основной характеристики, отличающей "живое" от "неживого" [Бауэр, 1935]. Как и всякое фундаментальное научное утверждение, оно претерпело с течением времени существенную метаморфозу. С одной стороны, в существенном отклонении молекулярных процессов в живых системах от равновесных состояний теперь никто не сомневается; с другой стороны, известно множество абсолютно не имеющих отношения к биологии неравновесных систем, изучаемых синергетикой [Хакен, 1980]. Более важно, однако, другое: применительно как к живым, так и к неживым системам понятие неравновесности используется по большей части не в том смысле, какой вкладывал в него Бауэр. Для него неравновесность связывалась прежде всего с деформированным состоянием молекул живых тел. Не отрицая этого аспекта неравновесности, который можно назвать структурным или конфигурационным, современная наука имеет дело по большей части, так сказать, с потоковыми и концентрационными неравновесными явлениями. Именно таковы метаболические потоки через клетки, в ряде случаев приводящие и к таким явлениям (например, отклонениям от электронейтральности) [Jaffe, Nuccitelli, 1977], которые Бауэр в свое время пытался, причем не вполне удачно, выводить из неравновесных деформаций молекулярных диполей.

Между тем, в области морфогенеза в последние десятилетия накоплены данные, свидетельствующие о наличии и важной роли в развивающихся системах именно структурно-конфигурационных отклонений от равновесности. Правда, речь здесь идет о весьма малых значениях энергий деформаций молекулярных структур, не превышающих, по весьма приближенным оценкам, порядка 10^{-2} – 10^{-3} эрг (работа нейруляции у зародышей тритона по [Selman, 1958]). Но это не меняет сути дела. Главное состоит в том, что по ходу развития, по крайней мере зародышей позвоночных и иглокожих, закономерно возникает и перераспределяется сложный рисунок механических натяжений в эпителиальных выстилках, которые оказываются, таким образом, в механически неравновесном состоянии. Время релаксации этих деформаций не менее нескольких часов [Белоусов и др.,

1975; Белоусов, 1987]. Данный вид неравновесности можно, по терминологии Л.А.Блюменфельда [1974], отнести к кинетическому (в противоположность термодинамическому, характеризующемуся значительно меньшими временами релаксации). Впрочем, у различных объектов времена релаксации механических напряжений могут быть разными. Так, у гидроидных полипов (низшие беспозвоночные) они периодически релаксируют со временем порядка нескольких мин [Белоусов и др., 1984]. Но как бы то ни было, это – типично Бауэровская структурно-конфигурационная неравновесность и, как показывают эксперименты [Лакирев и др., 1988], ее роль в поддержании и закономерном изменении морфологии зародышей весьма велика.

Вместе с тем, эта механическая неравновесность не является изначальным, внутренним свойством биологических структур, как это должно было быть по Бауэру: она поддерживается внешними относительно растянутых структур механическими силами, среди которых ведущее значение имеет, по-видимому, тургорное давление в клетках и межклеточных полостях. Оно поддерживается осмотическими градиентами, а эти последние – неравномерным распределением в клеточных мембранах ионных каналов и насосов, т.е. "машинными" устройствами в общем равновесного типа.

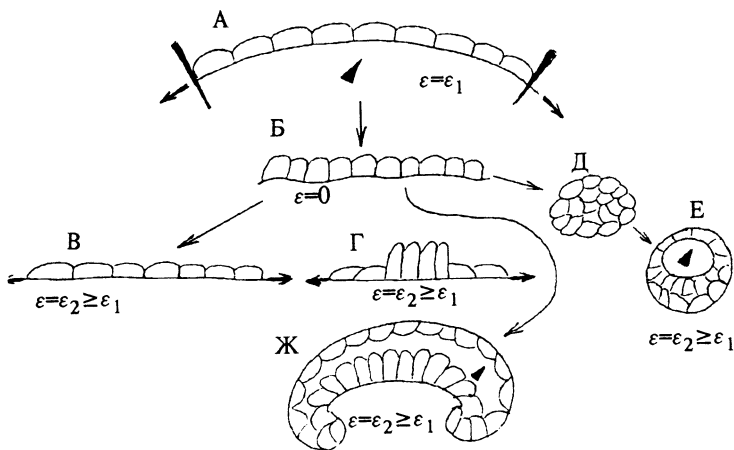


Рис. 1. Восстановление релаксированных натяжений (суммирование экспериментальных данных). А: интактный пласт. Клынья обозначают релаксирующие разрезы. Б: релаксированный пласт. В–Ж: основные способы восстановления натяжений. Двусторонние стрелки – тангенциальные натяжения; косые черные треугольники – осмотическое давление в полостях

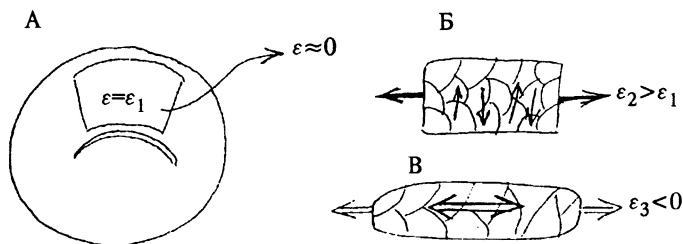


Рис. 2. Реакция ткани на искусственное растяжение. Участок супрабластопоральной области ранней гаструлы (А, обрaмлен) вырезан из зародыша и с помощью специального приспособления [Лакирев с соавт., 1988] растянут поперек своей оси (Б, горизонтальные стрелки). Растяжение стимулирует интеркаляционные движения (Б, вертикальные стрелки), которые создают внутренние напряжения давления (В, двойные стрелки)

Интереснее всего сопоставить с представлениями Бауэра данные по реакциям морфогенетически активных систем на искусственные изменения механической неравновесности, т.е. на сбросы (релаксацию) и, наоборот, наращивание натяжений. Как известно, по Бауэру живая система во всех случаях будет стремиться уйти от состояния равновесия. Это действительно подтверждается опытами по сбросам натяжений (рис. 1): отрелаксированный участок клеточного пласта (рис. 1, Б) в течение нескольких минут, максимум – десятков минут не только восстанавливает исходные натяжения, но, как правило, перекрывает их. В зависимости от конкретных условий это достигается различными путями: при наличии субстрата – расплываясь по нему (рис. 1, В) и/или путем поляризации (устолбления) части клеток (рис. 1, Г), а при отсутствии субстрата – путем перемешивания клеток и возникновения в клеточной массе полостей с тургорным давлением (рис. 1, Д, Е). Нередко все три пути сочетаются (рис. 1, Ж). Как бы то ни было – данный ответ типично Бауэровский.

Более сложная картина наблюдается при искусственном растяжении в нетипичном направлении участка, предварительно вырезанного из зародыша, например так называемой супрабластопоральной зоны ранней гаструлы амфибий (рис. 2). Растяжение такого участка на искусственном субстрате в направлении, поперечном его исходной продольной оси (рис. 2, Б) будет стимулировать своеобразные движения вставления клеток друг меж другом, или интеркаляции (рис. 2, Б), вертикальные стрелки), которые будут не только ослаблять внешнее натяжение, но и создавать внутренние напряжения давления (имеющие отрицательный знак относительно напряжений натяжения) – рис. 2, В, двойные стрелки. Последние, уже после снятия внешних натяжений (которые вообще имеют триггерный характер и могут действовать не более 10–30 мин)

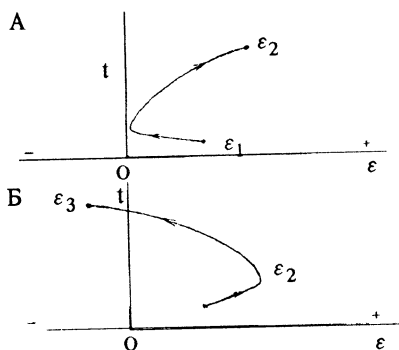


Рис. 3. Диаграммы реакций тканей на релаксацию натяжений (А) и на искусственное растяжение (Б). Абсцисса: натяжения; ордината: время. Характерное время релаксации — доли секунды; восстановление натяжений после релаксации — минуты — десятки минут; искусственного растяжения — минуты, возникновения после этого напряжений давления — десятки минут и часы

делает это в нормальном развитии) работу по созданию напряжений натяжения в других, механически связанных с ней тканях. Возникающие петли обмена напряжениями и являются, как можно думать, основными двигателями морфогенеза.

Все сказанное означает, что внутренний потенциал идей Бауэра о структурно-конфигурационной неравновесности структур живых систем отнюдь не исчерпан; более того, мы лишь сегодня, и то ощупью, учимся его использовать и видим, что без него структурообразование в живых системах вряд ли может быть понято. Эрвин Бауэр не дожил бы до сегодняшних дней, даже если бы не пал жертвой тирании. Поэтому я согласен с А.И.Алешиним, сказавшим на симпозиуме, что научная судьба Бауэра в любом случае была бы трагичной, так же как судьба его знаменитого старшего современника А.Г.Гурвича, разрабатывавшего в одно время и в одном городе с Бауэром идеи молекулярной неравновесности. Обоим не составляло труда уличить в частных ошибках и спрямлениях, и следует прямо признать, что наука ближайших десятилетий не пошла по намеченному ими пути. Только сегодня мы начинаем отдавать должное этим великим пророкам уже далекого от нас

будут сильно растягивать зачаток. Такое растяжение за счет внутренних напряжений давления следует оценивать как гиперрелаксацию исходно наложенных натяжений. Об экспериментальных подробностях можно почитать [Белоусов и др. 1988].

Реологическая картина реакции эмбриональных тканей на сброс и на искусственное наложение растягивающих сил суммирована на рис. 3, А, Б. Первые ветви петель, начинающихся от точек ϵ_1 , соответствуют внешним воздействиям (релаксация или растяжение) вторые — активным реакциям. Видно, что только в первом случае реакция имеет "чисто Бауэровский" характер, тогда как во втором случае картина более сложная: система сначала возвращается в окрестности равновесного состояния, но не остается там, а переходит в область механических напряжений другого знака. Кстати, при этом она вполне может выполнять (и

времени, столь неизмеримой ценой заплативших за свои искания, за верность высоким идеалам фундаментальной науки.

ЛИТЕРАТУРА

- Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.-Л.: Изд-во ВИЭМ, 1935.
Белоусов Л.В. Биологический морфогенез. М.: Изд. МГУ, 1987.
Белоусов Л.В., Лабас Ю.А., Баденко Л.А. Ростовые пульсации и форма зачатков у гидроидных полипов//Журн. общ. биол., 1984. Т. 45. С. 796-806.
Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. М., Наука, 1974.
Лакирев А.В., Белоусов Л.В., Наумиди И.И. Влияние внешних натяжений на дифференцировку тканей зародышей шпорцевой лягушки in vitro//Онтогенез. 1988. Т. 19. №6. С. 591-600.
Хакен Г. Синергетика. М., Мир, 1980.
Belousov L.V., Dorfman J.G., Cherdantzev V.G. Mechanical stresses and morphological patterns in amphibian embryos//Journ. Embr. exp. Morphol., 1975. №34, P. 559-574.
Jaffe L.F., Nuccitelli R. Electrical constrictor controls of development//Ann. Rev. Biophys. Bioeng. 1977. №6. P. 445-476.
Selman G. The forces producing neural closure in Amphibia//J.Embr. exp. Morphol. 1958. №6.

ЭНЕРГЕТИКА РАБОЧЕГО АКТА

М.Н.Кондрашова

Работа увеличивает
работоспособность

Э.Бауэр

Отличие метаболических путей окисления в активном состоянии и в покое

Неравновесное состояние живых систем поддерживается притоком энергии от пищевых веществ, трансформирующейся в формы, используемые организмом. Основным энергетическим генератором служит поток электронов, протекающий в дыхательной цепи МХ. Развитие быстрорегистрирующих методов показало, что стабильные энергетические состояния МХ поддерживаются весьма быстрыми редокс реакциями в дыхательной цепи. Таким образом, массивный фонд данных по изучению энергетических процессов в МХ представляет собой прекрасную иллюстрацию идеи Э.Бауэра об "устойчивом неравновесии" живых систем. Ранее мы обсуждали это положение, привлекая специальное внимание к особенно мощному процессу окисления ЯНТ, совершающему работу против электрохимического равновесия [8, 9].

В настоящей статье мы хотим обосновать современными, в большой степени собственными данными по изучению энергетических процессов в МХ другую сторону основной идеи

Бауэра о повышении неравновесности и рабочих возможностей как результате самого совершения работы.

Основной энергетический поток в МХ питается окислением ди- и трикарбоновых кислот. В такой универсализованной форме энергетические субстраты разной природы – углеводы, жиры, белки – используются в МХ для синтеза АТФ, ГТФ и генерации мембранного потенциала. Согласно принятым представлениям, эти конечные этапы окисления разных субстратов объединяются в универсальную последовательность – ЦТК, в которой стадии превращения трикарбоновых кислот: ЛИМ, ЦАК, ИЗЛ, завершаются стадиями превращений дикарбоновых кислот: КГ, ЯНТ, ФУМ, ЯБЛ, ЩУК. Принимается, что разная скорость энергообеспечения покоя и активности достигается разной скоростью функционирования одних и тех же этапов ЦТК. Мы рассматривали ранее соображения и данные, согласно которым ускорение реакций энергообеспечения в активном состоянии достигается переключением метаболических путей на маршруты, отличающиеся от таковых в покое [11, 12, 14]. Основным смыслом такого переключения является создание некоторого запаса только одного из субстратов ЦТК – ЯНТ. Это обеспечивает возможность ее монопольного окисления в момент рабочего акта. Окисление ЯНТ отличается мощностью, значительно превосходящей окисление всех остальных субстратов ЦТК. Это обуславливает и большую мощность генерации мембранного потенциала и синтеза АТФ при окислении ЯНТ. Мы рассматривали ранее те механизмы, благодаря которым молекулярная машина МХ может использовать в моменты "рабочего хода" самое мощное топливо. Наиболее общей схемой является шунтирование полного ЦТК ферментом переаминирования (аспартат- или аланинаминотрансферазой), что обеспечивает быстрое образование ЯНТ в обход медленных этапов трикарбоновых кислот. С этой точки зрения в отличие от общепринятого взгляда все субстраты не являются равноправными участниками процессов окисления. Истинным топливом в момент рабочего акта служит ЯНТ, а другие субстраты как бы выполняют роль колесиков передаточного механизма, обеспечивающего подачу топлива в двигатель. Состояние покоя или периоды восстановления при работе, напротив, связаны с ограничением участия ЯНТ в окислении, с общим замедлением дыхания и использованием других, более медленно окисляющихся субстратов [1, 27, 35]. Таким образом, при переходе от покоя к рабочему акту происходит весьма радикальное изменение путей окисления субстратов. Благодаря этому рабочий акт связан с особенно мощной аккумуляцией энергии. Рассматриваемое нами переключение объясняет на уровне митохондрий замечательный физиологический эффект вратывания, которому Э.Бауэр уделял особое внимание (см. эпиграф).

В настоящей работе мы хотим продемонстрировать на выделенных МХ некоторые проявления феномена повышения работоспособности вследствие работы, показать его сильно нелинейный характер и

определить условия, позволяющие наблюдать эти наиболее неравновесные и наиболее нативные, но в то же время и наиболее трудно уловимые состояния выделенных тканевых препаратов. Значение условий для выявления наиболее характерного свойства живого в эксперименте особенно велико. Неестественные условия являются ловушкой для экспериментатора, маскируя или искажая физиологическое явление [10, 16].

Повышение неравновесности за счет рабочей энергизации митохондрий

Повышение неравновесности состояния живых систем по показателям энергетического обмена должно выражаться в увеличении параметров энергизации, таких как уровень АТФ, мембранный потенциал, или особенно удобно регистрируемое энергозависимое восстановление НАД(Ф) после рабочего цикла, вызванного добавкой АДФ.

Наблюдение такого наиболее "живого" свойства, как повышение рабочих возможностей вследствие рабочего акта требует сочетания двух типов условий. Прежде всего, конечно, орган в организме или тканевый препарат не должны быть ослабленными или поврежденными, но с другой стороны, состояние исследуемых объектов не должно быть искусственно слишком улучшено. Для современных исследований МХ особенно актуальна ловушка второго типа. Она создается, казалось бы, вполне невинным обстоятельством – добавкой субстратов окисления в концентрациях небольших по абсолютной величине – миллимоли, но сильно превышающих их уровень в тканях организма. Благодаря этому показатели энергизации становятся максимальными. На таком фоне нельзя увидеть дополнительное их увеличение. Кроме того, подавляющее большинство митохондриальных исследований выполнено на МХ печени, которые богаты эндогенными субстратами. Поэтому даже при добавлении низких концентраций субстратов к МХ печени повышение, в частности, НАД(Ф)Н, хотя и обнаружено после рабочего цикла фосфорилирования АДФ, но выражено слабо. Использование МХ сердца, содержащих мало эндогенных субстратов в сочетании с внесением малых добавок экзогенных субстратов позволяет в отчетливой форме наблюдать повышение энергизации МХ после рабочего цикла, вызываемого АДФ.

На рис. 1 приведен опыт, выполненный Р.Н.Ахмеровым. МХ сердца кролика помещены в среду без добавленного субстрата и в присутствии обычной рабочей порции АДФ. Это приводит к быстрому "выжиганию" эндогенных субстратов и связанному с этим глубокому падению НАД(Ф)Н. Достигнув таким образом "дна" энергизации, можно многократно наблюдать на одном образце повышение энергизации вследствие совершения рабочего цикла. По таким ступеням можно добраться со "дна" до "потолка" энергизации.

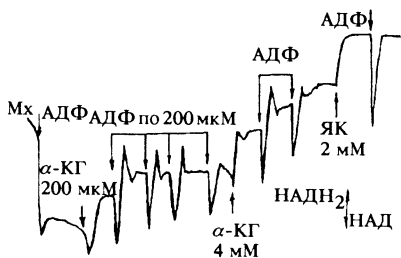


Рис. 1. Ступенчатое повышение энергизации митохондрий (описание в тексте)

В обычных условиях работу начинают от этого последнего максимального уровня и поэтому никакого прироста после рабочего цикла не наблюдается.

Приведенные на рис. 1 данные демонстрируют еще два важных обстоятельства.

1) Уже известное, значительное кинетическое преимущество 2 мМ добавленной ЯНТ обеспечивают гораздо большую энергизацию, чем 4 мМ КГ.

2) Высокую нелинейность энергизации, стимулированной добавкой АДФ. Видно, что переход на каждый новый уровень проходит через более высокий пик энергизации. Каждый новый максимум оказывается нестабильным. Их возникновение свидетельствует о том, что восходящие ступени энергизации базируются на динамической устойчивости.

Энергетические пики, вспышки и колебания. Зарегистрированные на МХ сердца пики энергизации свидетельствуют о реализации удаленных от равновесия энергетических процессов в ответ на возбуждающий стимул. С подобными реакциями мы встречались при исследовании МХ животных после стресса или при бурном разогревании организма во время пробуждения от спячки. Во всех случаях интенсивное дыхание обусловлено окислением ЯНТ. Оно приобретает характер описанных нами вспышек. При вспышке начальная скорость дыхания после добавки АДФ в 2–3 раза выше обычной скорости. Это продолжается 5–7–15 с, а затем на оставшееся время фосфорилирования скорость снижается до обычного уровня. Как в среде инкубации, так и в организме вспышку вызывают два условия: первоначальное накопление ЯНТ благодаря притормаживанию активности сукцинатдегидрогеназы (СДГ), а затем быстрое снятие торможения, ведущее к бурному окислению [15, 16, 22, 29]. При тонком подборе факторов, регулирующих митохондриальные процессы, удастся получать устойчивые автоколебательные режимы работы, при которых вспышки окисления сменяются периодами снижения дыхания [19, 25, 28, 31, 32]. Сопряженно меняются и другие процессы, транспорт ионов, восстановление НАД(Ф), а также и активность СДГ [20]. Такие сильно нелинейные проявления активности МХ наглядно демонстрируют реальность осуществления широкого диапазона энергетических реакций, удаленных от равновесия и, в то же время, стабильно поддерживающихся механизмами авторегуляции. На МХ спокойных животных мы никогда не наблюдали вспышки. Следова-

тельно, режимы отклонения от равновесия усиливаются при возбуждении организма и активации энергетического обмена.

Энергизация и структурная организация митохондрий. Структурная энергия Э.Бауэра

Энергетические процессы в МХ тесно связаны со структурной организацией ее мембран. Одним из приводов этой связи является сам транспорт электронов. Тесная связь кинетических и структурных процессов в МХ осуществляется особенно эффективно потому, что сама органелла структурно организована как физическое тело. Это относится не только к мембранам МХ, но и к их матриксу. На смену представления о том, что матрикс подобен раствору в диализном мешочке, пришли факты, свидетельствующие о плотной упаковке его ферментов в огромный мультиферментный комплекс – метаболон. Эволюция представлений о биохимических системах от состояния раствора к состоянию кристаллоподобных структур характерна для всех разделов биохимии. При организации ферментативных систем в структуры эффективную роль в их деятельности начинают играть физические механизмы взаимодействия, такие как дальное действие, быстрая передача субстратов внутри полиферментных комплексов без диффузии через среду и др. Регуляторные действия становятся более срочными, более нелинейными – более живыми. Структурная, физическая организация живых систем – это тот фактор, который приближает реакции выделенных препаратов к физиологическим. По существу дело в том, что привлекающая динамичность живого, таинственные нелинейные физиологические закономерности и базируются на физической организации живой материи. Конкретной структурной организацией, в которой разыгрываются поддерживаемые окислением ЯНТ процессы энергизации, является метаболон, который как единый конвейер осуществляет переработку дикарбоновых субстратов: КГ, ЯНТ, ФУМ, ЯБЛ, ЩУК, образующихся в реакции переаминирования ЩУК с ГЛ. Все эти реакции осуществляются единым комплексом различных ферментов. Взаимодействие между рядом из них идет путем физической передачи субстратов. Структурная организация обеспечивает значительно большую по сравнению с ЦТК скорость работы рассматриваемого цикла окисления, который мы называем быстрым циклом или циклом янтарной кислоты, или циклом Браунштейна по имени открывателя реакций переаминирования.

Еще одним доводом в пользу реальности быстрого цикла является то, что представление о ЦТК сложилось в условиях опытов на сильно поврежденных тканевых препаратах, в которых ферменты из организованного состояния перешли в раствор [12, 24, 30]. Это состояние не соответствует естественному в отличие от структурной организации быстрого цикла.

В условиях структурной организации важное значение приобретает еще одно специфическое свойство окисления ЯНТ – создавать мощную теплопродукцию [17]. Разогрев особенно структурно организованных систем обеспечивает значительное ускорение их работы. Это может быть еще одной причиной резко нелинейной стимуляции энергетических процессов в МХ при окислении ЯНТ.

Прибыльная энергетика. Увеличение использования внутренних резервов и уменьшение расхода внешних

Экономика наглядно демонстрирует прибыльность производств, оперативно использующих собственные возможности и убыточность и нежизнеспособность производств, не умеющих осуществлять эффективные обороты, поддерживаемых внешними вливаниями средств. Этот принцип универсален для всяких работающих и развивающихся систем. Пищевой поток на уровне организма складывается из внешнего и внутреннего источника [23]. Их вклады динамично согласуются внутри желудочно-кишечного тракта. Во внутренней среде организма пищевая внешняя глюкоза не используется сразу, а должна быть ассимилирована тканями, и лишь затем в качестве внутреннего субстрата может быть использована в обмене [4, 33]. Этот принцип реализуется и при включении быстрого цикла. Основной энергетический субстрат для МХ – ПИР начинает воспроизводиться самими МХ. Они как бы переходят на самоокупаемость по этому субстрату. Снижается часто лимитирующая зависимость от внешней глюкозы. Вместо нее для воспроизводства ПИР используется ГЛ. Восполнение ГЛ в МХ более оперативно, достаточный мобильный запас его содержится в самих МХ. Не внешние займы, а ускорение оборачиваемости.

Как уловить в экспериментах нативное ("живое") состояние биологических систем. Как отмечалось выше, используемые условия создают коварные ловушки на пути воспроизведения свойств живого в экспериментах. По-видимому, стержневым принципом должно быть сохранение структурной организации выделенных препаратов. С этой целью при получении МХ мы исключали принятую отмывку этих частиц и большое разведение препаратов [10, 12, 15, 18, 34]. Благодаря этому были получены агрегированные препараты, близкие к состоянию в клетке, что отличало их от обычно получаемых, называемых интактными, частиц. Полученные нашим способом препараты мы называем нативными. В современной литературе более точный термин нативный заменил прежнее романтическое понятие "живой". Еще лучше сохраняется состояние МХ без выделения их из гомогената.

Другим важным и казалось бы очевидным фактором сохранения нативного состояния выделенных МХ является время. Действительно, МХ получают довольно быстро – в течение часа, затем хранят на льду и работают несколько часов. Наши наблюдения, однако,

обострили чувство времени в работе с МХ. Мы убедились, что самые нативные свойства проявляются лишь в первые минуты получения гомогенатов и МХ и быстро утрачиваются на протяжении получаса. Для оценки нативности МХ мы применяем критерий, отличный от принятого. Мы оцениваем не просто величину рабочих характеристик МХ, а величину их различия при разных состояниях животного [15, 16, 34]. Оказывается, что второй критерий гораздо чувствительнее. Разница быстро стирается, так как после выделения в МХ разворачиваются процессы, подобные тем, что происходят при возбуждении в организме. Это даже повышает рабочие характеристики, но уничтожает состояние покоя и стирает разницу между контрольным и активированным животными. Примеры быстрой утраты во времени нативных характеристик МХ по их реакции на адреналин дают опыты А.М.Бабского. Из рис. 2 видно, что формальные рабочие характеристики — величина стимуляции дыхания АДФ, степень снижения дыхания при синтезе АТФ после рабочего цикла даже улучшаются у МХ контрольного животного во времени. Однако величина стимуляции адреналином дыхания почти исчезает при относительно непродолжительном хранении. Поэтому, чтобы наблюдать наиболее нативные реакции МХ, мы считаем необходимым быстрое получение гомогената без отделения МХ и проведение измерений в течение 30–40 мин для одного животного.

Если рассмотреть группу опытов, то видно, что наблюдение высоких скоростей активированного адреналином дыхания возможно только в условиях, обеспечивающих более нативное состояние МХ. О последнем свидетельствует низкая скорость дыхания МХ интактных животных (первая и вторая пара точек слева на кривых рис. 3). Уже небольшой подъем скорости дыхания МХ интактного животного свидетельствует о существенном нарушении нативности препаратов, что приводит к резкому падению стимулирующего действия адреналина (третья и четвертая пара точек). При еще большей потере нативности стимулирующее действие активатора сменяется ингибирующим (пятая пара точек). Переход стимуляции

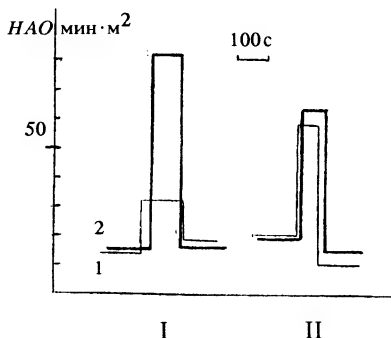


Рис. 2. Реакция разных препаратов митохондрий на введение адреналина животному. Гомогенат печени крысы. Условия описаны ранее [2, 26]. Субстрат: янтарная кислота 3 мМ. Стимуляция дыхания добавкой АДФ 200 мкМ. 1 — контроль, введение физиологического раствора, 2 — введение адреналина 10 мкг/100 г, 15 мин. Время жизни гомогената: I — 10–15 мин, II — 30–40 мин

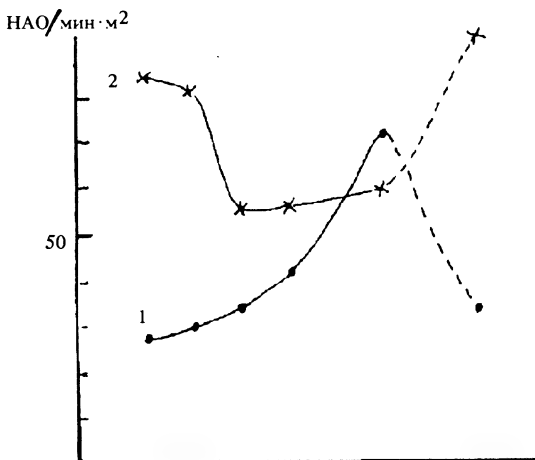


Рис. 3. Зависимость эффекта адреналина на дыхание митохондрий от его интенсивности. Условия и обозначение, как на рис. 2

в ингибирование при чрезмерных воздействиях — общефизиологическая закономерность. Для ее наблюдения на выделенных МХ необходимы разрабатываемые нами подходы [13]. Замечательные реакции, показанные на рисунке шестой парой точек. Это дыхание того же препарата МХ, который представлен предыдущей, пятой парой точек, однако под воздействием уникального фактора, восстанавливающего нативное состояние. Таковым является поток отрицательно заряженных частиц воздуха — аэроионов, точнее, гидроаэроионов, представляющих собой гидроксил, отделенный от воды (OH^Q). Мы обнаружили, что их влияние предотвращает и даже обращает структурные изменения МХ [18]. Видно, что действие OH^Q позволяет обратить большой диапазон изменений препарата, снизив дыхание МХ интактного животного от его максимума почти до минимума. При таком состоянии препаратов вновь становится возможной реализация высших скоростей дыхания. Итак, для наблюдения высших скоростей дыхания на выделенных МХ необходимо наиболее полное сохранение их нативного состояния. Мы полагаем, что именно эти высшие скорости сопряженного с аккумуляцией энергии дыхания обеспечивают энергетическую поддержку удаленных от равновесия состояний живой ткани.

Описанные исследования на МХ представляют лишь первые подходы к наблюдению таких состояний. Принятые условия работы с МХ соответствуют третьей и четвертой паре состояний. Максимально же нативные состояния, впервые наблюдавшиеся нами и

показанные на рис. 3, возможно, еще очень далеки от реального максимума нативности в организме. Мы знаем, что и ряд других принятых воздействий на МХ должен быть смягчен для сохранения большей нативности. В частности, очень агрессивным фактором, повреждающим структуру МХ, является необходимый для дыхания кислород. В принятых условиях полярографического измерения дыхания при насыщении среды воздухом содержание кислорода много выше его уровня в тканях. В работах с Р.Н.Ахмеровым и В.А.Хазановым показано, что *снижение* pO_2 в среде инкубации МХ приводит к значительному *позышению* фосфорилирующего окисления янтарной кислоты [21]. Дыхание МХ, наблюдающееся при парциальном давлении кислорода, близком к физиологическому, еще в 2–3 раза выше высших скоростей, представленных на рис. 3.

Наблюдение высших скоростей дыхания МХ, резко зависящих от тонких деталей их нативной структуры, представляет собой и яркий пример устойчиво неравновесного состояния живой ткани, и в то же время его механизм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.А., Бабский А.М., Бобкова Н.В. и др. Физиология и биохимия медиаторных процессов. М., 1985. С. 160.
2. Бабский А.М., Кондрашова М.Н., Шостаковская И.В. Физиол. журн. Киев, 1985. Т. 31. №3. С. 301–306.
3. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.: ВИЭМ, 1935.
4. Каминский Ю.Г., Косенко Е.А. Парадоксы углеводного обмена. Пушкино: ОНТИ НЦБИ, 1988. 32 с.
5. Кондрашова М.Н. Митохондрии. М.: Наука, 1968. С. 122–131.
6. Кондрашова М.Н. Свойства макромолекул и макромолекулярных систем. М.: Наука, 1969. С. 135–159.
7. Кондрашова М.Н. Митохондрии. М.: Наука, 1972. С. 151–169.
8. Кондрашова М.Н. Методологические и теоретические проблемы биофизики. М.: Наука, 1979. С. 200–212.
9. Кондрашова М.Н. Биология. Проблемы биоэнергетики. М.: Знание, 1985. №12. С. 17–38.
10. Кондрашова М.Н. Методологические вопросы теоретической биологии. Пушкино: ОНТИ НЦБИ, 1986. С. 115–124.
11. Кондрашова М.Н. Биофизика. 1989. Т. 34. №3. С. 450–458.
12. Кондрашова М.Н. Биохимия. 1991. Т. 56. №3.
13. Кондрашова М.Н. Физиологический журн. СССР. 1991.
14. Кондрашова М.Н. Биологические науки. 1992.
15. Кондрашова М.Н., Григоренко Е.В. Журн. общей биол. 1985. Т. 46. №4. С. 516–526.
16. Кондрашова М.Н., Григоренко Е.В., Бабский А.М., Хазанов В.А. Молекулярные механизмы клеточного гомеостаза. Новосибирск: Наука СО, 1987. С. 40–66.
17. Кондрашова М.Н., Григоренко Е.В., Хижняк Е.П., Тяжелов В.В. Биофизика. 1988. Т. 33. №3. С. 527–528.
18. Кондрашова М.Н., Григоренко К.В., Темнов А.В. и др. Биофизика. 1987. Т. 32. №2. С. 313–322.
19. Кондрашова М.Н., Евтодченко Ю.В., Гюльхандянц А.В. Митохондрии. М.: Наука, 1977. С. 56–66.
20. Кондрашова М.Н., Зинченко В.П., Кондрашова А.С., Окон Е.Б. Биофизика. 1983. Т. 28. №6. С. 1049–1054.

21. Кондрашова М.Н., Маевский Е.И., Бабаян Г.В. и др. Митохондрии. М.: Наука, 1973. С. 112-129.
22. Миронова Г.Д., Федотчева Н.И., Скарга Ю.Ю. Механизм зимней спячки. Пущино: ОНТИ НЦБИ, 1987. С. 39-47.
23. Разенков И.П. Новые данные по физиологии пищеварения. М.: Медгиз, 1948. 457 с.
24. Фридрих П. Ферменты. Четвертичная структура и надмолекулярные комплексы. М.: Мир, 1986. 376 с.
25. Холмухамедов Э.Л., Зинченко В.П., Евтодченко Ю.В. Биофизика. 1980. Т. 25. №1. С. 124-128.
26. Шостаковская И.В., Бабский А.М. Укр. биох. журн. 1984. Т. 56. №1. С. 57-62.
27. Шостаковская И.В., Долиба Н.М., Гордый С.К. и др. Укр. биох. журн. 1986. Т. 58. №5. С. 54-61.
28. Chance B., Yoshika T. Arch. Bioch. Biophys. 1968. V. 124. P. 91-98.
29. Fedotcheva N.I., Sharishev A.A., Mironova G.D., Kondashova M.N. Comp. Bioch. Physiol. 1985. 82B. №1. P. 1. P. 191-195.
30. Förster M.E.C. J.Theor. Biol. 1988. V. 133. P. 1-11.
31. Gulkhandanyan A., Evtodienko Yu., Zhabotinsky A., Kondrashova M. FEBS Lett. 1976. V. 66. P. 44-47.
32. Hess B., Boiteux A. Ann. Rev. Biochem. 1971. V. 40. P. 237-258.
33. Katz J., McGarry J. Trends in Biosci. 1986. V. 11. №3. P. 136-140.
34. Kondrashova M.N., Grigorenko E.V. Europ. Bioenerg. Conf. Reports. 1984. V.3B. P. 711-712.
35. Kondrashova M.N., Doliba N.M. FEBS Lett. 1989. V. 243. №2. P. 153-155.

ТЕОРИЯ Э.С.БАУЭРА О ЖИВОЙ МАТЕРИИ И МЕХАНИЗМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

И.А.Аршавский

Прошло 55 лет со времени выхода книги Э.С.Бауэра "Теоретическая биология". Естествен вопрос: что из научного наследства, оставленного Э.С.Бауэром, следует считать значимым и сегодня, а что не выдержало испытания временем? При этом оценить не в свете тех, поистине великих достижений, какими обогатилась биология к нашим дням, а в свете того уровня знаний, современником которых был Э.С.Бауэр. Начиная с 1927 г., и в особенности с 1929 г., мне довелось слушать несколько докладов Э.С.Бауэра и быть с ним знакомым. Вводившиеся им в биологическую науку новые идеи по термодинамике живых организмов не ассимилировались и не были понимаемы не только физиологами (физиологами в особенности), но и широким кругом биологов.

В настоящее время, когда так остро обсуждается вопрос о возможном использовании основных положений термодинамики для понимания биологических процессов и, в частности, таких кардинальных, как индивидуальное развитие и даже филогенетическая эволюция, существенно подчеркнуть следующее. Еще в самом начале 20-х гг., и в особенности в 30-е гг., Э.Бауэр обратил внимание на принципиальную и фактическую невозможность применения основных положений классической термодинамики, т.е. тер-

модинамики равновесных процессов, для анализа и понимания биологических процессов. Классическая термодинамика имеет дело с изолированными или с закрытыми системами, в которых течение процессов является медленным, обратимым и эволюционирующим к состоянию равновесия с образованием максимума энтропии.

Э.Бауэр был едва ли не первый, обративший внимание на то, что существеннейшей качественной чертой живых систем является состояние неравновесности, устойчиво поддерживаемой работой составляющих их структур — работой, направленной против перехода их в состояние равновесия. Химическая энергия пищевых веществ, поступающих в живые системы, не может непосредственно превратиться в работу. Указываемая энергия прежде всего используется для создания свободной энергии структуры, образующей живую систему. В живых системах, в отличие от неживых, источником для производимой ими работы является не тепловая энергия, как это имеет место в тепловых машинах, и не химическая энергия, как это имеет место в хемодинамических машинах, а структурная энергия. Последняя, в отличие от механической, тепловой, химической, электромагнитной, гравитационной и ядерной, является специфической формой энергии, присущей только живым системам. Открытие и постулирование указываемой формы энергии в живых системах является одной из самых крупнейших заслуг Э.С.Бауэра.

Автор, по-видимому, впервые обратил внимание на то, что живые организмы являются в термодинамическом отношении не только открытыми системами, обменивающимися со средой веществом и энергией, но и обязательно неравновесными. Принцип устойчивого неравновесия рассматривался Э.С.Бауэром как основной закон движения живой материи, имеющий ясный термодинамический смысл: "Так же как устойчивое равновесие характеризуется тем, что будучи нарушено, всегда наступает вновь, так и в организмах, в живой материи, неравновесное состояние сохраняется постоянно и обладает всеми признаками устойчивости". Не будет преувеличением сказать, что Э.Бауэр явился основоположником той новой области знания, которая в наши дни известна под названием биологической неравновесной термодинамики. Особенно должна быть подчеркнута эта заслуга, так как одновременно, в те же годы, другой крупнейший авторитет биохимии и физиологии, Отто Мейергоф (1928) резко подчеркивал невозможность допустить существование специальной структурной энергии, которая якобы присуща живым системам. При этом указывалось на отсутствие разницы теплот сгорания мертвого и живого белка (если таковая и существует, то она не превышает 0,02%). Живое вещество клеток якобы содержит столько же энергии, сколько то же количество вещества мертвых клеток. Вот почему подчеркивал О.Мейергоф утверждение о существовании специальной структурной энергии или о богатой энергией "биоеновой молекуле" следует отнести к области фантазии. В отличие от О.Мейергофа, Э.Бауэр

утверждал, что мы вправе и даже должны говорить о "живом белке". Необходимо обратить внимание на несколько некорректную экспериментальную форму опровержения существования структурной энергии в живых образованиях. Структурная или свободная энергия определяет их функциональную работоспособность, определяемую особым состоянием молекул органических соединений (прежде всего белков), входящих в их состав. Поэтому она может быть выражена в эргах (или джоулях, т.е. единицах работы), а не в калориях (в единицах теплоты).

Подчеркивая качественное своеобразие живого и отличие от неживого, Э.С.Бауэр при этом обращал внимание на то, что молекулы, входящие в состав цитоплазмы, не идентичны своим химическим аналогам, находящимся вне системы живого. Одна и та же молекула в системе живого — деформирована, вне ее — не деформирована. Деформация сообщает молекуле новые черты в ее структуре и добавочную энергию.

Основные принципы и идеи Э.С.Бауэра как основоположника термодинамической биологии не были ассимилированы его современниками, на что указывалось выше, и продолжают быть во многом непонятными и в наше время. В этом смысле представляет интерес книга Х.Д.Доттервейха, посвященная проблеме биологического равновесия, а также отклик на эту книгу одного из крупнейших теоретиков физиологии А.А.Ухтомского. Мне известно, что А.А.Ухтомский был знаком с книгой Э.С.Бауэра, но он никак на нее не откликнулся. Вместе с тем, рассматривая физиологические процессы как принципиально неравновесные, А.А.Ухтомский, как и Х.Доттервейх обозначили их словами и понятиями динамического равновесия или в духе Л.Берталанфи — "подвижного равновесия". Говоря о динамическом или подвижном равновесии, как Х.Доттервейх, так и А.А.Ухтомский по существу вкладывали в эти понятия приблизительно то же содержание, какое Э.Бауэр раскрывал для понятия "неравновесное состояние". Так Х.Доттервейх предлагал рассматривать организм как систему, характеризующуюся динамическим псевдоравновесием, которое удерживается на некотором достаточно постоянном расстоянии от того положения состояния покоя, которое соответствует смерти. Невзирая на указываемую близость, в этом случае, однако, отсутствовала та систематическая и специальная форма анализа, какая имела место у Э.Бауэра в связи с открытием им особого состояния живой материи.

Я позволю себе также процитировать следующие мысли А.А.Ухтомского, высказанные им в 1935 г. в связи с аналитическим обзором XV Международного конгресса физиологов: "В течение тысячелетий научной мысли импонировало в особенности твердое тело с его постоянными свойствами". "Там, где никак не удавалось свести явления на постоянные связи твердых тел и приходилось говорить все-таки о процессах и

событиях, начинали импонировать в особенности случаи, когда два или несколько противопоставленных процессов образуют более или менее прочные равновесия, все вновь и вновь восстанавливающиеся", "В обоих случаях – и при приведении событий к законам твердых тел и при приведении их к законам равновесия – заманчивою была в особенности возможность понять события вне и независимо от времени. Уловить закономерности постоянные и от времени независимые – это и есть как будто самая подлинная задача знания. Традиция этого, по преимуществу аисторического естествознания древних греков и естествоиспытателей Ренессанса до XVIII столетия включительно живет в значительной мере между физиологами в наши дни, часто безотчетно, в других случаях с методологической настойчивостью". Идеи Э.Бауэра, столь кардинальные для физиологии, в смысле возможностей преодоления господствующих в ней традиций аисторического естествознания, были чужды ей не только в 30-е годы, но продолжают оставаться столь же чуждыми для физиологов и в наши дни. Согласно представлениям, сложившимся в классической физиологии, каждый цикл возбуждения (метаболический цикл) представляет замкнутое на себя кольцо. Катаболическая фаза в метаболическом цикле сменяется симметричной ей, анаболической, возвращающей клетку в исходное состояние. Отсюда так называемые закон "все или ничего", оценка физиологических отправлений, как обязательно подчиняющихся линейным закономерностям (суперпозиционный принцип). На уровне целостного организма рассмотрение рефлекторных реакций как принципиально защитных, при взаимодействии организма с условиями среды и направленных на сохранение постоянства характеристик физиологических отправлений и внутренней среды его (гомеостаз). Отсюда принятое противопоставление функций как принципиально обратимого процесса процессам эволюции одного развития как обязательно необратимого. Если бы цикл возбуждения (метаболический цикл) в каждой клетке представлял бы собой замкнутое на себя кольцо, то живая система находилась бы в состоянии равновесия. Рост и развитие организма были бы невозможны. Память в такой системе отсутствовала бы. Ее биологическое время было бы равно нулю.

Существеннейшим для физиологов является вопрос о приложимости основных законов термодинамики – первого и второго – к живым системам. Известно, что приложимость первого принципа по отношению к животным (млекопитающим) была показана еще М.Рубнером, а позднее, по отношению к человеку, У.Этуотером. По этому поводу Э.Бауэр делает весьма острое замечание: "Опыты Рубнера над животными показывают, что если те же питательные вещества сгорают до тех же конечных продуктов не в калориметре, а в организме, то отдается то же самое количество теплоты, если организм не совершает никакой работы против среды". Иными

словами, данные М.Рубнера подтверждают первый принцип не для живых систем, а для пищевых веществ при их преобразованиях внутри организма.

Не сомневаясь в приложимости первого принципа к живым системам, Э.Бауэр считал, однако, что вопрос этот является гораздо более сложным, чем он представляется на основании данных М.Рубнера, так как в живых системах энергия питательных веществ преобразуется не непосредственно в работу, как это имеет место в хемодинамических машинах, а используется предварительно для создания структурной энергии веществ, образующих цитоплазму. Еще более сложным является вопрос о приложимости второго принципа к живым системам. Распространенное представление, что живые системы избегают смертного приговора второго принципа термодинамики, так как они являются открытыми системами, непрерывно обменивающимися с окружающей средой веществом и энергией, ни в какой мере не является решением проблемы. Как первый так и второй законы термодинамики имеют свое особенное специфическое преломление в живых системах. Анализ этой специфической особенности должен быть только еще предпринят.

Отметим наше отношение к проблеме приложимости второго принципа термодинамики к живым системам. Согласно принятым в наши дни представлениям, к живым организмам применим второй принцип, поскольку они являются открытыми в термодинамическом отношении системами благодаря взаимодействию их со средой, с которой они находятся в единстве. Тепло, образуемое живыми системами, выделяясь в среду, увеличивает ее энтропию. При этом энтропия самого организма, лишь, якобы, некоторых отдельных частей его, будет уменьшаться. Данные наших исследований, о чем подробнее ниже, позволили установить, что снижается энтропия не отдельных частей, а организма в целом. Живые организмы как целостные системы в процессе своего развития не только оказывают сопротивление тенденции эволюционировать к состоянию равновесия, но более того — увеличивают это сопротивление созданием дополнительной структурной энергии. Живая материя, будучи мало вероятным (в смысле Больцмана) состоянием, в процессе эволюции развивается все более и более к невероятному. При этом, однако, второй принцип и в живых организмах, своеобразно в них преломляясь, не нарушается.

Второй закон термодинамики приложим к живым системам и вне их связи с окружающей средой. Это и естественно, так как в самом организме превращение одних форм энергии в другие (в частности, химической в структурную) идет с образованием тепла. Последнее частично используется для создания гомойотермии, частично через теплоотдачу уходит в среду. Мы, однако, не знаем истинной меры, т.е. истинных эквивалентов, какие имеют место в живых организмах при превращении одних форм энергии в другие.

Э.Бауэр, опираясь на открытый им закон движения живой материи, сделал чисто теоретическую попытку дать анализ таких важнейших биологических явлений как рост, развитие, размножение, адаптация, эволюция. Особенно нас интересуют идеи и положения Э.Бауэра, относящиеся к росту и индивидуальному развитию. Сохранила ли теория Э.Бауэра в трактовке проблемы роста, развития и старения свое значение и в наши дни? Более того, сохранились ли его представления о живой материи как о неравновесной структуре, как об источнике энергии, за счет которой и реализуется та или иная функция в соответствующих клетках? Что сохранилось от научного наследства Э.Бауэра и что не выдержало испытаний временем? Приведенные вопросы тем более важны, так как невзирая на то, что вот уже 55 лет как вышла книга "Теоретическая биология", понятия "неравновесности" и "структурная энергия" не стали достоянием не только физиологии и биохимии, но и биологии в целом. Более того, один из наших крупных биологов биохимик С.Э.Шноль [1982] считает ошибкой утверждение существования структурной энергии в живых системах. Если последние являются неравновесными, то во времена Э.С.Бауэра естественно было допустить, что неравновесность достигается благодаря деформированному состоянию белковых молекул. С.Э.Шноль прав, когда критикует утверждение об особом физическом состоянии белковых молекул (их деформированность) в цитоплазме, хотя в ней они существенно отличаются от тех же белковых молекул вне живой материи.

Данные наших исследований позволили обратить внимание на истинную природу того, что следует связывать с понятием структурной энергии, за счет обратимой диссипации которой и осуществляется функция, специфическая для той или иной клетки. Она не осуществляется, как принято считать, непосредственно за счет энергии расщепляющегося АТФ. Основная энергия АТФ затрачивается прежде всего на создание и поддержание соответствующей структуры, специфической для той или иной клетки. Для наглядности ограничимся двумя наиболее яркими примерами. Так основной функцией для нервных клеток является генерация потенциалов действия (ПД). Это обеспечивается образованием в ней исходной величины мембранного потенциала (МП), т.е. созданием определенного уровня поляризации ее мембраны. Именно на это, а не на генерацию ПД затрачивается энергия расщепления АТФ. Основной функцией для мышечных клеток является их сократительная активность, обеспечиваемая соответствующей структурой. Она выражается в создании специфической формы актомиозинового комплекса, необходимого для обратимой его деформации, обеспечиваемой механизмом скольжения. Основная энергия АТФ затрачивается на создание исходной структуры, т.е. на расслабление сократившегося саркомера. Для того, чтобы за счет образовавшейся структуры осуществить сократительную функцию, необходимо, если

можно так выразиться, лишь "отбросить крючок". Для этого требуется мало энергии, источником которой также является АТФ. Понятно, почему в результате исследований А.Хилла [28, 38] в нервах и мышцах была обнаружена крайне малая величина начального теплообразования по сравнению с существенно большей величиной запаздывающего теплообразования, отражающего траты на восстановление начальной структуры мышечного волокна.

Сказанное относится к любой клетке организма: железистой, гладкомышечной, печеночной, почечной и др. Очень важно отметить, что Э.С.Бауэр, в связи со своими исследованиями на мышцах, обращал внимание на то, что выражением неравновесного состояния их клеток (как и клеток других органов) является демаркационный потенциал, т.е. ток покоя или то, что в наши дни называется МП. Последний как известно, создается, асимметричным распределением ионов в системе клетка-среда, что достигается за счет энергии АТФ. В литературе можно встретить критические замечания по поводу того, что представления Э.Бауэра едва ли могут быть приняты, так как в них не учитывается стержневая роль АТФ как основного конвертируемого источника энергии в реализации метаболических процессов в клетке. Во времена Э.С.Бауэра об АТФ еще ничего не было известно. Но это и не меняет существа созданных им общих представлений о роли химической энергии питательных веществ в образовании структурной энергии клеток. Такое понимание состояния неравновесности на уровне клетки не снимает другой стороны вопроса, на которую обращал внимание Э.Бауэр. Является ли "живой" белок, содержащийся в клетке, отличным от того, каким он является вне клетки? Вопрос этот тем более является важным, так как видные современники Э.Бауэра, в частности, один из создателей физико-химической биологии Р.Гебер считал, что "нет другого белка, чем тот, который мы видим в пробирке". Можно ли вообще говорить о "живой макромолекуле?" Если и макромолекула белка представляет собой аperiодический кристалл [15], то не является ли такое понимание природы белка, содержащегося в клетке, чем-то близким к тому, о чем говорил Э.Бауэр. Проблема эта до сих пор не решена и насколько она сложна, следует из слов С.Э.Шноля "...присущи ли ныне живущим организмам какие-либо особые физические свойства, отличающие их от неживых, типа состояния устойчивого неравновесия Бауэра...", "...огромный материал современной биохимии, биофизики, молекулярной биологии не позволяет сейчас говорить о действительном существовании такой специфики".

Является ли правильной для живых систем характеристика неравновесности как устойчивой неравновесности? Устойчивая потому, что после реализации соответствующей функции за счет структурной энергии, живая система возвращается к исходному состоянию неравновесности. Э.Бауэр, казалось бы, правильно считал, что живые системы, будучи неравновесными, не могут подчиняться принципу Ле-Шателье, согласно которому соответствующие систе-

мы на возмущающие воздействия стремятся сохранить состояние динамического равновесия. В классической физиологии это принято оценивать как гомеостатические реакции организма, направленные на сохранение постоянства его характеристик. Уже А.И.Зотин обращал внимание на то, что принцип Ле-Шателье не находится в противоречии с принципом Э.Бауэра, поскольку живая система, реагируя на изменения в среде, отвечает изменениями, обеспечивающими ей сохранение состояния устойчивого неравновесия. Такая система находилась бы в стационарном состоянии и не смогла бы расти и развиваться. В живых системах, как можно будет увидеть ниже несколько подробнее, стационарное состояние равнозначно равновесному. После Э.Бауэра, по-видимому, следует назвать Э.Шредингера, понимание которого живых организмов как открытых в термодинамическом отношении систем было более упрощенным. На вопрос – почему организм, производя энтропию, в связи с осуществляемой им деятельностью, исключает переход к термодинамическому равновесию, автор отвечал: "Он питается отрицательной энтропией". Отрицательная энтропия – это то, чем организм питается, пища. Что же представляет собой то драгоценное, что содержится в пище и что предохраняет живые организмы от перехода их к состоянию термодинамического равновесия? Принято считать – содержащаяся в них свободная энергия. Мы уже имели повод обращать внимание на то, что пища не может содержать свободную энергию. Она содержится лишь в системах, способных производить работу. Пища же содержит пластические вещества (белки) и потенциальную энергию, содержащуюся в углеводах и жирах, за счет которых организм сам создает отрицательную энтропию (негэнтропию). Как пишет Г.Хаазе, живые организмы питаются не только отрицательной энтропией, но и положительной энергией. Способность живых систем поддерживать упорядоченное состояние ("пить упорядоченность" из среды) Э.Шредингер связывал с тем, что их хромосомные молекулы представляют собой аperiодические твердые тела, в отличие от периодических кристаллов, характеризующих неживые тела. Э.Шредингер характеризовал живые организмы как находящиеся в стационарном состоянии: образование положительной энтропии в них компенсируется притоком отрицательной.

Позднее это нашло выражение в известной теореме И.Пригожина:

$$dS = d_iS + d_eS,$$

где d_iS – положительная энтропия, образующаяся внутри живых систем, вследствие протекания в них необратимых процессов, d_eS – отрицательная энтропия, содержащаяся в пище. Это и характеризует живые организмы как открытые системы, эволюционирующие к стационарному состоянию, характеризующемуся линейными закономерностями. Понятие стационарного состояния является утвердившимся в биологической термодинамике. А.Г.Пасынский

пишет: "В открытых системах непрерывно происходит поступление и удаление вещества и вместо термодинамического равновесия в них наступает стационарное состояние, которое характеризуется отсутствием скорости химических изменений и диффузией метаболитов в системе". Я позволю себе частично повторить вышесказанное. Хотя стационарное состояние, если бы оно действительно существовало, и не являлось термодинамическим в его классическом понимании, тем не менее для биологических систем оно представляло бы собой состояние равновесия. Стационарное состояние исключает возможность понять процессы индивидуального развития роста, старения и эволюции органического мира в целом. Это было бы тоже замкнутое на себя кольцо, но на уровне целостного организма. Позднее И.Пригожин должен был прийти к заключению, что в линейной области в стационарном состоянии невозможно образование новых упорядоченных структур. Отсюда и возникшая попытка расширить термодинамику на нелинейную область, дабы связать концепцию индивидуального развития (и эволюции в целом) с концепцией усложнения структур. Эти, более поздние, представления были изложены в книге И.Пригожина и Ж.Николис. Более подробно на работах И.Пригожина и их критике мы останавливаемся в других наших публикациях [2, 5, 6, 33]. Отметим только, что в отличие от Э.Бауэра, характеризовавшего живые системы как неравновесные структуры, И.Пригожин характеризует их как диссипативные структуры. Это не совсем удачная характеристика. В действительности, в соответствии с представлениями Э.Бауэра, живые системы, по существу своему, являются антидиссипативными структурами.

Обратимся к представлениям Э.Бауэра об онтогенезе, к пониманию им природы процессов роста, развития и старения. В трактовке этих процессов Э.Бауэр отталкивался от взглядов М.Рубнера — генетически предопределенном генетическом фонде. Согласно представлениям М.Рубнера, млекопитающие, различные виды их, независимо от весовых и линейных размеров, на протяжении жизни затрачивают одно и то же количество калорий (примерно 196000 ккал на 1 кг массы тела). Теория М.Рубнера положила начало энтропийным представлениям о процессе индивидуального развития, господствующим вплоть до последнего времени. Более подробно эта проблема освещается в других наших работах [1, 2, 3]. В нашей стране это нашло свое отражение в теории затухающего самообновления протоплазмы, созданной школой А.В.Нагорного. Так как фонд начинает тратиться с первых же дроблений зиготы, старение было признано как изначальный процесс. Отсюда и развиваемое представление о развитии как о старении: "Понимаемое с диалектических позиций старение — это индивидуальное развитие вообще, это вся совокупность жизненных процессов и их развитие в онтогенезе организма от оплодотворенной яйцеклетки до смерти" (В.Н.Никитин). Правильнее говорить о фонде М.Рубнера как о способности организма каждого вида затрачивать лишь определен-

ное количество ккал на 1 кг массы тела, после чего организм погибает. Скорость затраты фонда определяется интенсивностью обмена веществ, определяемой линейными и весовыми размерами организмов соответствующего вида, т.е. законом поверхности или энергетическим правилом поверхности. Отсюда неодинаковая продолжительность жизни у разных видов млекопитающих и известная формула "от мыши до слона".

Э.Бауэр считал, что найденная М.Рубнером закономерность имеет свое объяснение в том, что исходный потенциал половых клеток исследованных им млекопитающих одинаков. Отношение производимой в течение всей жизни работы организма к свободной энергии половой клетки было обозначено Э.Бауэром константой М.Рубнера. Ввиду важности проблемы приведены дословно формулируемые Э.Бауэром положения: "Общее количество калорий, которое может быть превращено организмом в течение всей его жизни, зависит исключительно от свободной энергии яйцевой клетки и пропорционально последней". Далее: "...количество калорий, которое может быть превращено единицей массы живого вещества в течение жизни после достижения границы роста, зависит только от потенциала яйцевой клетки и пропорционально ему". Так как энергетический фонд у разных видов млекопитающих (за исключением человека) является одинаковым, то, как указывает Э.Бауэр, исходный потенциал половых клеток млекопитающих также должен быть одинаковым.

Как меняется величина свободной энергии F (потенциал яйцеклетки) живой системы в процессе ее роста? Указываемая величина (F) определяется произведением общей массы тела (m) на потенциал (μ), представляющий собой удельную величину свободной энергии, рассчитанную на единицу живой массы. Потенциал F в процессе роста снижается.

Чем обуславливается снижение удельной величины свободной энергии яйцеклетки, т.е. степени неравновесности структур, составляющих цитоплазму клеток или потенциал μ ? Согласно Э.Бауэру, от текущей исходной величины потенциала μ зависит удельная величина работы, возникающая в связи с процессом диссимиляции, т.е. перехода структур, образующих цитоплазму клеток из неравновесного состояния в равновесное. Производимая работа утилизируется в процессе обмена веществ во время роста и развития живой системы на ассимиляцию питательных веществ, поступающих извне. Так как в результате производимой работы в процессе роста увеличивается протоплазменная масса, свободная энергия всей живой системы также увеличивается. Однако свободная энергия единицы массы, т.е. ее потенциал, соответственно снижается. Удельная величина потенциала μ , естественно, не может увеличиваться также, как увеличивается свободная энергия всей живой системы в процессе ее роста. Она не может при этом сохранять и свою исходную величину. Иначе, хотя об этом Э.Бауэр и не пишет достаточно ясно, это противоречило бы первому и

второму принципу термодинамики. В ходе роста и развития, невзирая на продолжающийся обмен веществ и именно поэтому наступает момент, когда снижающийся потенциал (удельная величина свободной энергии) снижается до такого уровня, при котором производимая работа делается уже недостаточной для того, чтобы обеспечить дальнейшее увеличение живой протоплазменной массы. Отсюда неизбежность возникновения границы роста или ассимиляции. С понятием ассимиляции Э.Бауэр связывает постепенное накопление живой протоплазменной массы в процессе роста живой системы. Из сказанного следует, что возникновение границы роста, т.е. завершение этого процесса, является естественной необходимостью для развивающейся живой системы. Согласно Э.Бауэру, после достижения границы роста или ассимиляции должно наступить стационарное состояние. При этом благодаря продолжающемуся обмену веществ, это состояние, казалось бы, могло быть сохранено, неопределенно долго с наименьшей затратой работы.

Однако следует ли из делаемых Э.Бауэром построений возможность допущения длительного сохранения стационарного состояния после того, как завершается процесс роста и достигается граница ассимиляции? Падение потенциала в процессе роста Э.Бауэр связывает с обменом веществ: ("...неизбежным результатом обмена веществ является падение потенциала μ "). При этом падение потенциала в процессе роста в связи с обменом веществ имеет место как результат ассимиляции. Это и понятно: по Э.Бауэру, если принять во внимание, что работа, производимая в связи с обменом веществ на избыточное накопление живой протоплазменной массы (ассимиляцию) не может обеспечить восстановление удельной величины потенциала μ к его исходному значению. Но после достижения границы роста продолжающийся обмен веществ обуславливает дальнейшее снижение потенциала. Поскольку производимая при этом работа теперь уже сопряженно не связана с ассимиляцией, а переходит в теплоту, коэффициент полезного действия (КПД) по восстановлению исходного состояния все более и более снижается. Именно так можно понять ход рассуждений Э.Бауэра. Приведем одно из заключений автора в связи с анализом этого вопроса: "Из нашей теории живого вещества и обмена веществ следует, с одной стороны, что при ассимиляции определенного количества пищевого вещества должна быть развита определенная работа за счет свободной энергии живого вещества; с другой стороны, освобождающаяся при этом энергия пищи должна вновь появиться в форме теплоты, поскольку она не идет на построение нового живого вещества, т.е. поскольку нет роста. Следовательно, свободная энергия живой системы падает на определенную величину в отношении количества тепла, образуемого действующей массой живого вещества". Или почти дословное заключение: хотя обмен веществ и обуславливает продление жизнеспособности живой системы, но одновременно с необходимостью приводит к смерти вследствие вызываемого им падения потенциала живой массы.

После достижения границы роста дальнейшее снижение свободной энергии относится теперь уже не только к единице живой массы, но и к живой системе в целом. Отсюда постулируемая Э.Бауэром неизбежная необходимость возникновения старения. Следуя логике Э.Бауэра, старение должно начинаться сразу же после достижения границы роста. С этой же точки зрения стационарное состояние должно быть либо весьма кратковременным, либо даже отсутствовать у живой развивающейся системы. Как указывает Э.Бауэр, после достижения границы ассимиляции, дальнейшего изменение свободной энергии живой системы становится исключительно функцией времени. При этом, естественно, чем интенсивнее обмен веществ у соответствующей живой системы, тем быстрее во времени она придет в состояние равновесия, тем короче будет продолжительность ее жизни.

Чем же в действительности обуславливается постепенное ограничение и наступающее прекращение процесса роста в ходе индивидуального развития живой системы? Могут ли положения, постулированные Э.Бауэром, быть принятыми в наши дни в связи с имеющимися физиологическими данными о механизмах и природе индивидуального развития? Мы попытаемся дать ответ на эти вопросы, главным образом, по результатам исследований нашей лаборатории. Мы должны были в сжатой форме привести представления Э.Бауэра об онтогенезе в целом, как чисто теоретическую попытку создать некую гипотезу, не опирающуюся на конкретные физиологические или хотя бы морфологические данные. Гипотеза никак не вытекала из созданной им теории живой материи. Проблема слишком сложна. Почему организмы, идет ли речь о дочерних клетках у одноклеточных или о зиготе у многоклеточных (животных, растений), сразу же после своего возникновения начинают расти и развиваться? Так, Б.Л.Астауров, обращая внимание на то, что в биологии созданы якобы достаточно хорошо устоявшиеся теория наследственности, теория филогенетической эволюции, указал, что теории онтогенеза в целом еще не существует. Это звучит парадоксально, так как еще А.Н.Северцов обращал внимание на то, что филогенетическая эволюция опирается на смену одних форм индивидуального развития на другие — вот почему без знания основных законов, определяющих индивидуальное развитие, невозможно постичь эволюцию органического мира в целом. При этом, как показали данные наших исследований, преобразование одних форм индивидуального развития в существенно другие достигается не благодаря возникновению мутаций, а приобретению новых адаптивных модификаций. Последнее — благодаря возникновению новых форм взаимодействия с существенно новыми условиями среды. Б.Л.Астауров пишет: "Мы удивительно мало понимаем все это и до сих пор не имеем удовлетворительной теории не только для всех явлений индивидуального развития, но зачастую даже и для сравнительно частных относящихся сюда биологических процессов": Н.В.Тимофеев-Ресовский также отмечает, что в учении об онто-

генезе вообще "не существует никакой разумной теории". Л.А.Блюменфельд считает, что современная наука даже не приступила к решению этой задачи .

Для понимания и объяснения причин, обуславливающих неодинаковый уровень энергетики в разные возрастные периоды, до сего времени принято опираться на так называемое энергетическое правило поверхности или закон поверхности Рубнера. Согласно этому правилу, лишь в постнатальном онтогенезе в каждом возрастном периоде особенности энергетики, оцениваемые для организма в целом, определяются текущим соотношением между массой и поверхностью тела. Изменение и преобразование деятельности различных систем органов (дыхательной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной) и, в частности, изменение величины объема циркулирующей крови в различные возрастные периоды обычно оцениваются как следствие из энергетического правила поверхности.

В наших исследованиях мы не сразу смогли убедиться, что закон Рубнера не только не закон, но даже и не правило. Так в результате наших сравнительно-онтогенетических исследований, позволяющих установить роль скелетной мускулатуры (т.е. роль соответствующих форм двигательной активности), в качестве одного из основных факторов, определяющих процессы роста и развития, начиная с антенатального периода в противовес энергетическому правилу поверхности было сформулировано энергетическое правило скелетных мышц (ЭПСМ).

Напомним лишь вкратце основную суть указываемого правила. Первая – интенсивность энергетики (метаболических процессов) как на уровне целостного организма в газообменном выражении, так и на уровне тканей в биохимическом выражении, как и интенсивность физиологических отпавлений различных вегетативных систем органов в разные возрастные периоды, начиная с антенатального, согласно М.Рубнеру не определяется текущим соотношением между массой и поверхностью тела. Как обнаружили данные исследований, она детерминирована только лишь особенностями функционирования скелетной мускулатуры в каждом отдельно взятом возрастном периоде. Второе, еще более существенное значение нашего правила (ЭПСМ) заключается в том, что начиная с зиготы, благодаря наличию в ее цитоплазме сократительных белков – актиновых и миозиновых микрофиламентов (проброобраз будущего актомиозинового комплекса), каждая очередная двигательная активность, обеспечиваемая ими и представленная в катоболическую фазу метаболического цикла, является одновременно фактором индукции восстановительных процессов, т.е. анаболической фазы в указываемом цикле. Причем, что крайне существенно, вопреки представлениям, сложившимся в классической физиологии, согласно которым восстановление является обязательным к исходному состоянию, оно, как обнаружили наши исследования, является обязательно избыточным.

Открытие избыточности восстановления (функционально-структурного асимметрического кольца в противовес функционально-структурному симметричному) позволяет понять прежде всего специфическое существо природы самого живого – его неравновесность, не устойчивую, а избыточно увеличивающуюся. Она тем более выражена, чем в большей степени выражена избыточность, индуцируемая двигательной активностью клетки (в катаболическую фазу метаболического цикла). Далее можно понять, почему живые системы, будучи неравновесными, вследствие самоутверждения избыточным образованием структур живой протоплазменной массы, являются вместе с тем системами негэнтропийными, т.е. упорядоченными, а не представляют хаотическое молекулярное множество. Это относится не только ко всем клеткам, будь то одноклеточные организмы или отдельные клетки многоклеточных организмов, но и, в особенности, к нервным клеткам головного мозга. Анаболическая избыточность ("хвостик", как его стали называть) является вместе с тем выражением времени живого – биологического времени как принципиально негэнтропийного [2, 4, 5, 6, 31, 32], а не энтропийного, характеризующего время неживого ("стрела времени"). Специфичность живого не только в том, что оно асимметрично в молекулярно-структурном выражении. Живое специфично прежде всего потому, что асимметрично в функциональном выражении. Функция определяет структуру, динамика – статику, но не наоборот. Нельзя ли полагать, что именно благодаря сказанному, а точнее – функционально асимметричной черте, живое приобретает черты асимметрии и в молекулярно-структурном выражении? Известно, что оптически активные вещества, т.е. асимметричные в структурно-молекулярном выражении вне живой системы постепенно рацемизируются, становятся нейтральными. Нельзя ли видеть и в этой черте проявления неравновесности живой материи – структурно-энергетической неравновесности. В частности, структурно-молекулярная асимметрия, характеризующая живые образования как и другие свойства подобного рода, также привлекались для утверждения, что развитие живых систем осуществляется вопреки требованиям второго принципа термодинамики. Наконец, так как двигательная активность живых систем связана с дополнительным получением информации из среды, она закрепляется дополнительным образованием структуры, сохраняющей ее в виде памяти. Об этом немного подробнее ниже. Принято считать в самой общей форме, что информация имеет для живых систем негэнтропийное значение. Данные наших исследований позволили установить, что лишь та информация имеет негэнтропийное значение для развивающихся живых систем, которая приобретает через двигательное поведение, т.е. через активный поиск вещества и энергии в среде. Двигательное поведение, индуцируя избыточное восстановление, обогащает организм не только дополнительными структурами, энергетическими резервами, но и новыми сведениями, увеличивая степень неравновесности и негэнтропийности его. Данные исследований

позволили установить необходимость различения двух форм избыточного анаболизма. Первая выражается в избыточном образовании живой протоплазменной массы, что увеличивает внутреннюю энергию живой развивающейся системы и тем самым ее рост. Вторая выражается уже не в дополнительном увеличении массы, а в индукции избыточного восстановления свободной энергии, что связано с увеличением степени выраженности дифференцированности тканей, обогащением их структурной энергией, а тем самым и увеличением работоспособности живых развивающихся систем в целом.

В термодинамике энтропия одна из величин, характеризующих тепловое состояние системы тел. Будучи функцией состояния, система характеризуется самопроизвольным направлением протекания в ней процессов, что, в частности, является и мерой их необратимости. В термоизолированной и замкнутой системе энтропия только увеличивается. Предоставленные самим себе такие системы эволюционируют к состоянию теплового равновесия, при котором энтропия максимальна. Такие системы, сами по себе, без подведения энергии извне не могут вернуться в неравновесное состояние. Не могут это сделать и открытые неживые системы. В статистической термодинамике энтропия оценивается как мера хаоса (утраты той или иной степени упорядоченности), как мера диссипации той энергии, которой характеризовалась термодинамическая система в исходном состоянии.

Живые организмы как специфические открытые термодинамические системы не поддерживают и не сохраняют свою негэнтропийность или неравновесность (что одно и то же) за счет, якобы, отрицательной энтропии (вещества и энергии), получаемой извне. За их счет живые организмы сами создают свою собственную негэнтропийность или неравновесность в виде дополнительных структур, что обогащает их не только дополнительными пластическими материалами, но и энергетическими резервами. Говоря о негэнтропии, мы имеем в виду условность этого обозначения, вошедшего в употребление, в особенности после Э.Шредингера, так как в действительности величиной, обратной энтропии, является энергия, в нашем случае — структурная энергия. Дабы через соответствующую информацию получить из среды необходимые вещество или энергию, живые организмы должны затратить собственные. Как пишет М.В.Волькенштейн [8], за информацию надо платить — платить энтропией. В приведенной выше схеме это и имеет место в катаболическую или энтропийную фазу метаболического цикла. Часть энергии, затрачиваемой в эту фазу, расходуется на выполнение соответствующей функции, специфической для той или иной клетки. Другая ее часть затрачивается на то, чтобы повернуть систему вспять и спиралеобразно перевести ее на новый уровень упорядоченности (негэнтропийности неравновесности). Таким образом, живые организмы, платя за получение информации энтропией, не теряют, а приобретают, создавая при этом нечто но-

вое. При этом катаболическая фаза не является противоположностью избыточно анаболической, с которой она находится в борьбе, якобы, для образования единства. Напротив, она создает ее, иллюстрируя в яркой форме принцип дополнительности по Н.Бору. Поскольку речь идет не о простом механическом дополнении или суммировании некоторой новой, заново создаваемой структуры из исходно представленной, а о своего рода качественном преобразовании уже в микроинтервалах времени, то можно сказать, мы имеем своего рода творческий процесс. В ряде работ мы уже обращали внимание на то, что индивидуальное развитие в целом является творческим процессом.

Что является энтропией для живых систем? Количественно ее принято выражать в образующихся в системе калориях тепла на 1°C . Для живых систем эта мера не может быть принята, она может быть охарактеризована степенью выраженности деструктуризации упорядоченных клеточных структур, что имеет место в процессе старения. В физиологическом выражении для организма в целом потенциальной лабильностью, определяющей работоспособность организма, его отдельных систем органов в соответствующем возрастном периоде.

Что же побуждает зиготу начать делиться и далее через самодвижение и самоорганизацию реализовать весь процесс индивидуального развития? Чтобы ответить на этот вопрос, мы в порядке экстраполяции на экспериментальных данных, полученных при исследовании механизмов, определяющих рост и развитие в онтогенезе, обратимся к примеру, имеющему место у одноклеточных, хотя бы к такому классическому объекту, как амеба. В образующихся после деления дочерних клетках продолжают осуществляться метаболические процессы, как это имеет место и у материнской. Происходящее при этом обеднение не только энергетическими субстратами, но и пластическими, побуждает только что "родившуюся" амэбу по эндогенным (а не экзогенным) причинам идти на активный поиск (мы подчеркиваем активный) тех веществ и энергии, которые необходимы ей для восполнения потерь, начавшихся сразу же после "рождения". Поиск нужного обеспечивается тем, что уже в мембране одноклеточных, как это сейчас известно, встроены рецепторы типа механо- и хеморецепторов. Без последних, как это понятно, найти в окружающей среде необходимое было бы невозможно. Эндогенно определяемое, целенаправленное активно-поисковое (познавательное) поведение представлено не только у одноклеточных, но и у растительных организмов. Для последних ограничусь лишь одним примером, относящимся к верблюжьей колючке. Клетки меристемной зоны корней этого растения, размножаясь, увеличивают длину корня до 20 м и более, пока не будет достигнут слой, в котором может быть получено требующееся вещество и энергия (вода и соли). И в этом примере (а таких можно привести множество) самоорганизация развития растительного организма, также как и у одноклеточных, имеет

место активный целенаправленный поиск. Во всех приведенных случаях целенаправленное активное поисковое поведение (у одноклеточных и в клетках меристемной зоны растений) достигается, как указывалось выше, за счет сократительной активности микрофиламентов. Двигательная активность через индукцию избыточного анаболизма создает дополнительное образование цитоплазматической структуры, одновременно структурно закрепляя память (представленную уже на этих стадиях жизни) о воспринятом из среды.

В специальных исследованиях, выполненных совместно с Т.К.Литинской и Н.В.Будаговской на семенах кукурузы, гороха и огуречных семенах было установлено, что блокирование кальциевых каналов клеток меристемной зоны корней (верапамилом) прекращает или резко задерживает их дальнейший рост. Это и понятно, поскольку работа микрофиламентов (цитоскелета) без кальция осуществиться не может. Прекращающаяся при этом двигательная активность клеток, поскольку при этом прекращается и индукция избыточного анаболизма, останавливает и дальнейший рост их, дальнейшее увеличение массы. Те же результаты (на семенах кукурузы) были получены и при непосредственном блокировании работы микрофиламентов цитохалазином. Данные исследований позволяют прийти к заключению, что живые организмы только потому и могут быть открытыми системами, что лишь благодаря имеющимся в них мышечным элементам они и могут обмениваться со средой веществом, энергией и информацией. Без указанных мышечных образований, организмы, как животные, так и растительные, не могли бы быть живыми развивающимися существами, т.е. открытыми в термодинамическом отношении. Это даже при наличии в них синтетического аппарата (системы ДНК) и митохондрий. Отсюда и значение ЭПСМ как основного фактора, определяющего рост и развитие живых систем, а тем самым и их эволюцию.

Что же благодаря избыточному анаболизму, индуцируемому двигательной активностью, определяет "границу ассимиляции", т.е. прекращение роста организма с определенного времени его развития? Это и есть одна из основных проблем, которую пытался решать Э.С.Бауэр.

При избыточности анаболизма, индуцируемого каждой очередной цитоплазматической двигательной активностью, в какой бы клетке она не осуществлялась (в системе многоклеточного или одноклеточного организма), масса цитоплазмы увеличивается в 3-й степени, площадь диффузионной поверхности клеточной мембраны — во 2. Площадь поверхности мембраны для клетки, близкой к сферической или кубической форме, становится равной $A = 4\pi R^2$, а объем ее, в котором должен осуществляться метаболизм, становится равным $V = \frac{4}{3}\pi R^3$. Приведенный пример свидетельствует о том, что чисто физический закон, представленный

в неживой природе (изменение соотношения между массой и поверхностью тела, в связи с изменением его величины), является действительным и для живых тел. В результате указанного изменения соотношения между массой и поверхностью тела клетки, в процессе ее роста обмен ее со средой, веществом и энергией становится все менее и менее эффективным. Возникает ситуация, при которой увеличивающаяся масса не может получить в достаточном количестве требующееся для ее эффективного метаболизма вещество и энергию. Что более существенно, все более и более лимитируется возможность выведения из клетки кислых продуктов обмена. Так, возникающее противоречие обрекло бы клетку или одноклеточный организм на старение и смерть, если природа не нашла бы выход из создавшегося противоречия. Разрешение последнего достигается делением клетки на две, вследствие чего для каждой из них вновь увеличивается относительная величина поверхности. Так на заре возникновения жизни возникла дискретность, обуславливаемая указанным изменением соотношения между массой и поверхностью. Говоря о возникновении жизни, мы должны сказать, что до сих пор мы не знаем, как могла возникнуть из неживого материя, обладающая указанными чертами. Известный ученый Три-Лонкш-Чандра Викрамасингхе [20] пишет: "Скорее ураган, пронесшийся по кладбищу старых самолетов, соберет новехонький суперлайнер из кусков лома, чем в результате случайных процессов возникнет из своих компонентов жизнь". Между тем, представители концепций самосборки до сих пор продолжают высказывать различные гипотезы о возможности возникновения живого из неживого. Это, однако, уже другая и специальная проблема.

Сказанное о границах, определяющих рост, относится к отдельным клеткам многоклеточного организма и одноклеточным. Особое положение занимают лонгитудинальные клеточные образования, а именно постмитотические клетки, мышечные и нервные, на что обращается внимание в других работах [2, 8, 23]. Как обнаружил экспериментальный анализ, приведенная закономерность, ограничивающая процесс роста у отдельных клеток, действителен и для многоклеточных организмов. У последних избыточность анаболизма, в связи с активностью, имеет свое выражение в явлениях гиперплазии (процессов пролиферации), в органах, состоящих из митотических клеток и в явлениях гипертрофии в системах из постмитотических клеток. При этом, в то время как масса числа клеток и их размеров увеличивается в процессе роста в 3-й степени, величина площади диффузионной поверхности транскапиллярного обмена (ВПДПТО) — во 2-й (для растительных организмов — ВПДП стенок сосудистой системы). В результате существенно снижается число капилляров на единицу массы ткани и одновременно увеличивается толщина соединительно-тканевого субстрата

(СТС), отделяющего внутреннюю среду от клеток органов. В ранние периоды индивидуального развития коллагеновые волокна СТС, образуемые фибробластами, играют очень важную роль в процессах дифференциации клеток различных тканей и, в особенности, в реализации позиционной информации, обеспечивающей, в частности, так называемый аллометрический рост. Уже в конце детородного периода, вследствие увеличения толщины СТС и все возрастающего лимитирования своевременного выведения кислых продуктов обмена из клеток в кровь, ацидотическая альтерация системы ДНК вызывает в ней те изменения (вторично), которые приводят к старению и смерти. Это обусловлено тем, что в результате ацидотической альтерации двигательные возможности организма снижаются. В результате подавляется индукция избыточного анаболизма и восстановительные процессы могут не привести клетку даже к исходному состоянию. При этом необходимо обратить внимание на то, что старение, приводящее к смерти, начинается не сразу же с момента возникновения организма в виде зиготы, как это должно было бы иметь место в связи с представлениями Э.Бауэра о константе Рубнера. Лишь с определенного возраста, а у млекопитающих лишь в последнюю треть детородного периода, начинается затухающее самообновление протоплазмы (А.В.Нагорный) и адаптивное антистарение (В.В.Фролькис). Так сравнительно очень поздно, в результате смены негэнтропийных тенденций развития на энтропийные, т.е. утраты упорядоченности, и живые системы постепенно приходят к состоянию равновесия. Однако переход в состояние равновесия в живых системах кардинальнейшим образом отличается от такового в неживых системах. Как указывалось выше, в живом, идет ли речь о положительной или отрицательной энтропии, критерием ее может служить только лишь степень структурной упорядоченности развивающейся живой системы.

Мы остановились лишь на отдельных аспектах научного наследства Э.С.Бауэра. То, что не оправдались его представления о закономерностях и механизмах индивидуального развития и эволюции органического мира в целом в дальнейших экспериментальных исследованиях этой проблемы несколько не умаляет его крупнейших заслуг как выдающегося биолога XX столетия. На примере попытки Э.С.Бауэра создать представления о возможной природе и механизмах индивидуального развития и эволюции в целом можно видеть, в какой мере эта проблема является в действительности очень сложной. Э.С.Бауэр впервые обратил внимание на специфичность живого в отличие от неживого. И в этом его поистине бессмертная заслуга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршавский И.А. Очерки по возрастной физиологии. М.: Медицина, 1967.

2. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития (основы негэнтропийной теории и онтогенеза), М.: Наука, 1982.
3. Аршавский И.А. Физиологические механизмы продолжительности жизни млекопитающих//Усп. совр. биол. 1977. Т. 83. №2. С. 287-304.
4. Аршавский И.А. Проблема хронотропа А.А.Ухтомского и темпоральные факторы биологии индивидуального развития//Темпоральные аспекты моделирования и прогнозирования в экологии. Рига, 1986. С. 135-158.
5. Аршавский И.А. К биофизическим основам онто- и геронтогенеза//Методологические вопросы теоретической биологии и биофизики. 1986а. С. 104-116.
6. Аршавский И.А. Некоторые методологические и теоретические аспекты анализа закономерностей индивид. развития//Вопр. филос. 1986б. В. 11. С. 95-104.
7. Аршавский И.А., Немец М.Г. и др. Принцип доминанты в индивидуальном развитии и в детерминации особенностей преобразования гомеостаза и надежности в различные возрастные периоды//Надежность и гомеостаз биологических систем. Киев: Наукова думка, 1987. С. 112-123.
8. Аршавский И.А., Михайличенко Л.А. и др. Принцип доминанты в механизмах системной самоорганизации индивидуального развития (механизмы, определяющие информационную емкость развивающегося организма)//Принцип доминанты. Л.: Изд. ЛГУ, 1988.
9. Астауров Б.Л. Теоретическая биология и некоторые ее очередные задачи//Вопросы философии. 1972. №2. С. 70-79.
10. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. Изд. М.-Л.: ВИЭМ. 1935.
11. Блюменфельд А.А. Физические аспекты биологической эволюции//Философия и теория эволюции. М., 1974. С. 70-98.
12. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М.: Физматгиз, 1960.
13. Викарасингхе Ч. Размышление астронома о биологии. Курьер ЮНЕСКО, июнь, 1982. С. 36.
14. Волькенштейн М.В. Перекрестки науки, М.: Наука, 1972.
15. Волькенштейн М.В. Биофизика. М.: Наука, 1981.
16. Зотин А.И. Термодинамический подход к проблемам развития, роста и старения. М.: Наука, 1974.
17. Нагорный А.В., Никитин В.Н., Буланкин И.Н. Проблема старения и долголетия. М.: Медгиз, 1963.
18. Никитин В.Н. Современные теории старения//Молекулярные и функциональные основы онтогенеза. М., 1970. С. 7-34.
19. Северцев А.Н. Общие вопросы эволюции. М.-Л.: 1945. Т.3. Изд. АН СССР
20. Тимофеев-Ресовский Н.В. Структурные уровни биологических систем. Системные исследования. Ежегодник. М., 1970. С. 83-96.
21. Пасынский А.Г. Теория открытых систем и ее значение для биохимии//Успехи современ. биол. 1957. Т. 43. №3. С. 264-282.
22. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. Сов. 1960, М.-Л.
23. Пригожин И., Николас Ж. Биологический порядок, структура и неустойчивость//Успехи физических наук. 1973. Т. 109. №3. С. 517-544.
24. Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.
25. Ухтомский А.А. XI Международный конгресс физиологов. Соб. соч. Л.: Изд. ЛГУ, 1954. Т. 5. С. 153-162.
26. Ухтомский А.А. Физиологическая лабильность и равновесие. Собр. соч. Л.: Изд. ЛГУ. Т. VI. 1962. С. 168-198.
27. Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов. М.: Мир, 1967.
28. Хилл А.В. Эпизоды из области биофизики. 1945.
29. Шноль С.Э. О возможной физической и биологической интерпретации "принципа устойчивого неравновесия" Э.С.Бауэра//Э.С.Бауэр. Теоретическая биология. Будапешт: Изд. АН Венгрии, 1982. С. 269-280.
30. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: Иностран. литер., 1947.

НОВЫЙ ЭТАП ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

В.В.Смолянинов

Наш симпозиум знаменателен не только тем, что восстанавливается в памяти нашей науки легендарное имя первого теоретика биологии, но и тем, что мы настраиваемся на "волну" теоретических проблем биологии. Почему это важно?

Многие биологи до сих пор считают, что до теоретической биологии еще далеко. С такой точки зрения можно соглашаться как с фактом и ждать лучших времен, а можно и не соглашаться и пытаться преодолеть те трудности, которые имеются на этом пути. Э.С.Бауэр несомненно относился к тем, кто не хотел смириться с эмпирическим статусом биологии. По-моему, лучшая память — это продолжение дела создания теоретической биологии, начатого Э.С.Бауэром. Но что значит "продолжать"?

За полвека, прошедшие с момента выхода "Теоретической биологии" Э.С.Бауэра, сама биология претерпела радикальные изменения и давайте кратко оценим, что этот краткий период революционных преобразований внес в развитие теоретических представлений. Самое, пожалуй, радикальное, состоит в осознании того, что в 30-е годы нашего века, когда Бауэр работал над своим капитальным трудом, необходимой основы для создания именно "теоретической биологии" еще не было. Тенденции были и они отражены в работах других выдающихся современников Э.С.Бауэра — В.И.Вернадского, Н.И.Вавилова, Н.К.Кольцова, С.С.Четверикова, А.И.Опарина, И.П.Павлова и др., но вот основы еще не было, она стала формироваться несколько позже — когда стала развиваться молекулярная биология и стали укрепляться кибернетические представления.

Существует мнение, четко сформулированное Д.И.Менделеевым, что теоретическая наука начинается с "числа" или, говоря обобщенно, с попыток построения "исчисления". Однако не все такие попытки, даже опирающиеся на количественные данные, ведут к цели, т.е. к созданию теории. И дело здесь не столько в достаточности фактических данных, или в "критической массе" необходимых знаний, сколько в том, насколько адекватно определены базовые референты конкретного научного направления, т.е. те сущности, на которых и должна строиться настоящая теория.

Короче говоря, задача всякой теории — организация исчисления сущности, потому, если сущности не выявлены, то никакое красивое исчисление не поможет.

Итак, первый вопрос, на который нам следует ответить: можно ли считать, что сущности жизни были уже определены 50 лет назад, а если нет, то продвинулись ли мы в понимании этих проблем за последнее время?

Попытки определения сущности жизни начались задолго до того, как биология оформилась в самостоятельную научную дисциплину.

И, по-видимому, самая первая попытка была сделана Аристотелем, который чисто умозрительно решал основную проблему биологии: чем живые системы отличаются от неживых. Вывод, который сделал Аристотель, многие века составлял основу концепции витализма: живые системы отличаются от неживых наличием особой сущности — энтелехии ("живой силы"), которая обеспечивает целостное развитие организмов и все процессы их жизнедеятельности.

Концепция витализма никогда не была опровергнута, она была просто низвергнута. От нее сначала отказались механицисты, а позже и физикалисты. Такая традиция, сохранившаяся до наших дней, отражает вполне научное кредо, сформулированное некогда философом Окаямой: не следует изобретать новые сущности без особой необходимости. И действительно, особой необходимости выхода за пределы механистических сущностей не возникало, пока механики изучали пределы применимости механики как универсальной научной доктрины. Здесь для нас представляет интерес концепция "организм—машина", сформулированная целостным образом Р.Декартом. Было бы неправильно считать, что механицизм был вреден для биологии. По существу, концепция Декарта — это был первый этап системного подхода к организму и потому он способствовал интеграции ранних биологических представлений. Другое дело, что механицизм не исчерпывал всех проблем биоорганизмизации, а выделял главным образом биомеханические, поэтому биомеханика сформировалась раньше биологии.

Первая особая необходимость расширения сущностей возникла в физике, когда стала ясна недостаточность механических представлений для описания физико-химических явлений. Тогда возникла новая концепция или парадигма физикализма, которая объявила ограниченность суверенитета всех других наук, включая биологию, рамками своих представлений. А в этих рамках, естественно, не было и не могло быть места витализму.

На рубеже прошлого и настоящего веков физическое мировоззрение радикально расширилось и углубилось и это не могло благотворно отразиться на биологии в целом. Все большее внимание стали привлекать элементарные физико-химические процессы в биосистемах, все шире стали использоваться количественные методы анализа и моделирования. Укреплялось "исчисление признаков", введенное Г.Менделем, была сделана попытка развития "исчисления рефлексов" — школа И.П.Павлова, формировалось "исчисление биоценозов" — В.И.Вернадский, В.Вольтерра и др.

Творчество Э.С.Бауэра как раз приходится на период активного внедрения физикализма в биологию. Э.С.Бауэр был не только одним из тех новаторов-биологов, которые понимали важность такого перехода, но он первым предпринял попытку оформить это понимание в виде теоретической доктрины. "Теоретическая биология" Э.С.Бауэра вышла в середине 30-х годов, а в середине 40-х позицию физикализма в биологии еще более укрепил Э.Шредингер в своих широко известных лекциях на тему "Что такое Жизнь?".

Несомненно, благодаря активности физиков, биология вышла на принципиально новый — молекулярно-атомный уровень изучения законов биоорганизации. Но параллельно физики подготовили и очередную смену парадигм, выходящую за рамки чисто физических представлений, а именно: они, совместно с математиками, а не с биологами, разработали и создали электронно-вычислительные машины... Появление машин принципиально нового типа наиболее существенно было для биологического концептуализма.

Действительно, с точки зрения математика, ЭВМ — это лишь автоматизация тех частных процессов вычисления, которые ранее делались "в уме". И с точки зрения физика, ЭВМ ничего кроме новых удобств не дает, так как это лишь другой вариант преобразования электрических сигналов. Однако для биолога концепция "организм-машина" наполнилась принципиально новым содержанием. Появилась новая сущность Жизни — управление.

Весьма знаменательно, что провозглашение кибернетики как нового научного направления и открытие ДНК как молекулярного носителя наследственной информации практически совпали. Благодаря такому стечению научных обстоятельств, довольно быстро была осознана информационно-управленческая сущность биоорганизации. Если оценивать этот переход в исторической ретроспективе, то можно заключить, что в биологии наступил принципиально новый этап, который позволяет не отвергать витализм как чуждое "идеалистическое мировоззрение", а напротив, дать витализму научное обоснование. Наконец-то, появилась такая наука — кибернетика, которая разрешила многовековой спор материалистов и идеалистов, не умаляя достоинств обеих сторон.

Действительно, только на современном этапе развития кибернетической концепции Жизни мы сможем адекватно решить проблему Аристотеля, считая "энтелехию" эквивалентом "управления".

Не все современные биологи согласятся с такой реанимацией витализма, даже из тех, кто считает управление характеристическим свойством живых систем. Причины возможных разногласий мне представляются в разном понимании сущности управления.

Кибернетика начиналась с технической интерпретации управления как процесса регулирования. Поэтому сначала представляли принцип обратной связи как базовый принцип организации управления. В эту схему "удачно" вписывались рефлексорные дуги ЦНС, модели гомеостаза, ферментативные реакции и т.д. На этом уровне кибернетических представлений концепция "организм—машина" сохраняла свой физикалистский и, следовательно, материалистический статус. Именно в это время, как антитеза физикализму, возник крамольный вопрос: может ли машина мыслить?

Потом биокибернетики сконцентрировались на адаптационных процессах и это позволило по-новому взглянуть на эволюционные процессы развития живых систем. Камнем преткновения этого этапа стали "механизмы новизны", необходимые для описания структурно-функционального прогресса биосистем. И в решении этих проб-

лем сначала пошли по дороге, "протоптанной" физикализмом, а именно — дорогой статистической механики. Немаловажную роль в выборе направления сыграла и стохастическая интерпретация информации и ее мера в виде энтропии, понятной и физикам, и математикам. В результате получилась вполне материалистическая модель "дарвинизма": на входе "информационный шум" в виде мутагенеза, посредине "строгий контролер природа", а на выходе — высокоорганизованные организмы, способные адаптироваться к изменчивым условиям среды. Успокоение на этом направлении подкреплялось соответствием этой модели той формуле организации, которую ранее предложил Ф.Энгельс:

случайное + необходимое = организация.

Под эту формулу удачно подходило менделеевское "исчисление признаков", так что концепция "стохастического детерминизма" получалась теоретически замкнутой в себе. Дело оставалось за нами, не оставалось выяснить: имеет ли эта концепция хоть какое-то отношение к реальным процессам биоорганизации? — это, конечно, программа "максимум", а программа "минимум" — каким образом "шум" на входе может преобразовываться в "нешум" на выходе? Чтобы разобраться в последнем вопросе, писались специальные компьютерные программы для моделирования "творческих процессов", основанные на стохастических преобразованиях. Возможно, в результате подобных игр у программистов сформировалась поговорка: если шум ("мусор") на входе, то будет шум ("мусор") и на выходе.

Качественно новое понимание сущности управления стало приходить с выяснением его командно-административных функций. Это происходило, с одной стороны, на фоне решения конкретных технических задач — создания станков с программным управлением, автономных роботов и даже автономных циклов производства, с другой же стороны, на фоне прогресса в самом программировании проявились так называемые языки высокого уровня, позволяющие проводить программирование на семантическом уровне постановки задачи, появились программы-редакторы, программы-корректоры, программы-трансляторы, программы управления базами данных и управления базами знаний. Главными в современном программировании стали не вычислительные процедуры, а процедуры семантические, хотя машины по-прежнему называются вычислительными.

Итак, признавая управление характеристическим свойством живых систем, мы, не уйдя далеко от физико-химических проблем обеспечения процессов жизнедеятельности, подошли к принципиально новому рубежу понимания сущности Жизни — к ее "семантическому барьеру". Только теперь и именно с таких позиций становится очевидным нематериальная сущность Жизни в широком ее смысле, только теперь мы можем по существу ставить вопрос о смысле Жизни в широком диапазоне ее проявлений. Материя

несомненно необходима как основа для записи текстов семантических программ Жизни, но основа Жизни — в содержании этих текстов, т.е. в тех идеях, которые заложены в эти тексты. Раньше идеализм основывался на вере в сверхъестественные сущности, недоступные разуму, а теперь может опираться на естественные сущности, доступные научной методологии.

Новый этап теоретической биологии, к которому мы подошли, позволяет дать следующую.

Общее определение: Жизнь — автономный, автоматизированный и активный процесс, организуемый комплексом вычислительно-семантических программ управления.

Можно уточнять этот общий тезис перечислением тех базовых программ, без которых автономное существование организма невозможно, или без которых невозможно активное поведение, продолжение рода и т.д. Конечно, конкретные расшифровки здесь необходимы, чтобы выявить тот минимальный комплекс программ, без которого автономная активность даже простейшего организма невозможна. Только тогда мы сможем проблемы происхождения Жизни интерпретировать не с позиций синтеза молекул, а с позиций синтеза программы управления. Эволюция прошла длинный и долгий путь создания живых вычислительных машин многих разных типов и поколений, где человек — живая вычислительная машина "последнего" поколения. Разобраться в сути *биопрограммирования* — вот главная задача нового этапа теоретической биологии.

Я думаю, что в нашем искусстве создания искусственных программ мы еще далеки от того уровня, который присущ живым вычислительным машинам. Имея это в виду, я предлагал ранее (а именно в докторской диссертации) концепцию "организм—машина" заменить концепцией "организм—конструктор", считая, что основу естественного программного обеспечения составляют *задачи на построение* структур и функций, т.е. задачи, характерным признаком которых служит *преодоление избыточных степеней свободы* организации. Я пришел к такой идее, отправляясь от биомеханических задач построения движений и пытаясь определить системное содержание сущности управления в широком смысле. Всякое управление подразумевает возможность изменчивости системы или разнообразие ее состояний, а возможности изменчивости системы и составляют ее свободы. При этом управление ограничивает изменчивость системы в соответствии с целью управления, т.е. направленно редуцирует свободы или, говоря иначе, формирует связи. Та самоорганизация, которая имеет место в неживых системах, может происходить без управления, например, при фазовых переходах вещества, но и здесь справедлива общая формула:

свободы + связи = организация,

которая шире энгельсовой, так как стохастика — это только один из вариантов обеспечения избыточности разнообразия состояний системы.

Если я прав в обобщенном определении задач управления как задач организации избыточных свобод, то новые проблемы теоретической биологии следует формулировать на языке "исчисления свобод". Этот язык пока еще слабо освоен человечеством, но существуют сильные потребности в освоении хотя бы начал, потому-то я уверен, что теоретическая биология в ближайшее время пойдет по этому пути.

Все истинно теоретические науки имели свои Начала. Так в геометрии мы знаем Начала Евклида, в механике – Начала Ньютона, в термодинамике имеются три начала и т.д. (вообще говоря, этот аспект становления теоретических наук заслуживает отдельного обсуждения). Иногда Начала называют аксиомами, или постулатами, или законами, но базовый теоретический смысл Начал от этого не меняется. Как свидетельствует история научной мысли, этапу формулировки Начал всякий раз предшествовала огромная эмпирическая работа, а после формулировки Начал – огромная теоретическая работа. Э.С.Бауэр не сформулировал Начал биологии и, по-моему, настало время сделать это, отправляясь от тех новых сущностей, к осознанию которых мы ныне подошли. Приводимые ниже формулировки я и сам не считаю окончательными, но надо же с чего-то начинать. Итак, я предлагаю на Ваш суд следующие *Начала биологии*:

1. Закрытые системы не жизнеспособны.
2. Несвободные системы не способны к самоорганизации.
3. Эволюционный прогресс – это активный процесс повышения сложности на основе увеличения числа избыточных свобод.

Формулировка первого начала возникла из анализа попыток вывода биологических законов из термодинамических, когда стало ясно, что биосистемы должны быть открытыми и для энергетических процессов, и для информационных. Если первое начало относится к прабиологическим все открытые системы, то второе начало, как необходимый атрибут биологии, выделяет свободные системы. Третье начало подчеркивает, правда иносказательно, активные конструкторские свойства процессов биоразвития, потому что акции требуют новых свобод самоорганизации, а реакции – не требуют.

Я специально не вынес в Начала программно-вычислительные аспекты процессов жизнедеятельности, хотя и считаю их принципиально важными для раскрытия сущности Жизни. Программно-информационные технологии так бурно развиваются в последние годы, что следует повнимательнее присмотреться к новым тенденциям, чтобы увидеть в них "прабиологию".

Почему тема "свобод" так актуальна в контексте компьютерной интерпретации Жизни? Потому что те свободы, которыми обладает живой организм, – а без свобод Жизнь невозможна – создаются и обслуживаются программными средствами. Когда программист разрабатывает свою программу, он, как Творец, сам заботится о ее гибкости при эксплуатации, т.е. закладывает в программу те свободы, которые потребуются в дальнейшем. В биопрограммах

тоже имеются свои резервы свобод, которые биологи давно подметили и называют свойством пластичности. Каким образом биосистемы прогнозируют необходимые и достаточные свободы самоуправления? – это центральный вопрос теоретической биологии нового этапа.

Как отмечалось выше, на предыдущих этапах формирования базы биологического знания и механики, и физики, и химии внесли существенный вклад в дело создания этой базы. Я думаю, что непознанной механики, физики и химии еще много осталось и в биосистемах – может быть, еще на много веков, но лидирующее положение отныне будут занимать программисты. Поэтому я призываю биологов не отставать от духа времени и превращаться в биопрограммистов, а для начала садиться за персональные компьютеры и постигать азы программирования, например, объектно-ориентированного, без которого дальнейшее продвижение в сущности Жизни будет крайне затруднительным или невозможным. То, что делают в последние годы генетики в биоинженерии – это практикум по биопрограммированию. Теоретический курс еще следует разработать и здесь уже накопленный опыт в теории программирования несомненно будет полезен. То программирование, которое нужно биологам, еще не создано, но уже сегодня им весьма полезно приобщаться к новым формам программистского мышления – это особый мир, в постижении которого, мне представляется, залог успеха теорбиологии.

К сожалению, Э.Бауэр не знал программирования и потому не догадывался, что грядет эра всеобщей компьютеризации биологических наук.

НАУКА О МОЗГЕ. СООТНОШЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО И ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ С ПОЗИЦИЙ ВЗГЛЯДОВ Э.БАУЭРА

Р.А. Чиженкова

Науку нельзя не любить, нельзя не любить начала, какими живет наука. Нельзя не любить Гегеля.

А.А. Ухтомский.

Странное чувство возникает при чтении литературы минувших лет. Книги конца прошлого века и начала настоящего воспринимаются как последние откровения для нынешнего. Что касается современной нейрофизиологии и попыток подойти к проблеме построения нейрокомпьютера, то самые передовые идеи на проверку оказываются разработкой взглядов А.А. Ухтомского. Но кто сейчас в подлиннике перечитывает его работы, а не ограничивается несколькими фразами из учебников! Его гипотезы об усвоении ритма

так и остались не востребованными исследователями. Основная заслуга современности — введение термина "контур" в данные исследования. Больших достижений нет — колесо в стадии изобретения.

Не только в естественно-научном плане литература прошлого является ультрасовременной сегодня, но и в социальном аспекте высказывания поросшей мхом давности сплошь и рядом звучат как самые смелые строки публицистических изданий. Например, как нам близки следующие размышления. "Во всяком случае спор выходит истинно жарким лишь тогда, когда бойцы немного дилетанты в спорном вопросе... Громкие фразы, широкие взгляды, светлые мысли трещат и сыплются... Но вот спектакль кончается. К небу летят страшные столпы огня, лопаются, гаснут... и на душе остается лишь смутное воспоминание о светлых призраках... Дело другого рода, если вкус к этой диалектической гимнастике распространяется в обществе. Там боец с некоторым авторитетом легко делается кумиром. Его мнения возводятся в догму..." Данные мысли принадлежат И.М.Сеченову и были опубликованы в 1863 году [10, с. 3]. А как нам воспринимать другие замечания? "Государство наше падает и должно пасть. Социальная революция задерживается искусственно на экономической почве теперь колониальной политикой. Но государство все-таки должно пасть, как только нечем будет кормить население. Социальный кризис должен последовать за экономическим". Это не отрывок из выступлений на митинге Народного фронта. Это взгляды математика И.П.Долбни, профессора Горного института [6, с.27], которому А.А.Ухтомский в какой-то мере обязан своими увлечениями в области естественных наук, они были высказаны в 1899 г. Такие примеры можно приводить бесконечно. Вершиной их будут служить труды З.Фрейда, которые потрясающе полно и скрупулезно объясняют с позиций социальной психологии то, что происходило с советским народом в течение многих десятилетий. Разумеется, был смысл эти труды запретить, изъять, а их автора оболгать, но при этом управлять "толпой" по его "разработкам".

Не обошла чаша забвения и Э.Бауэра. И оказалась эта чаша двойной. В ней уместилось не только сокрытие интересных идей, но и физическая расправа с самим автором. Можно только предполагать, какое значение для науки имели бы работы Э.Бауэра, если бы они были известны не столь узкому кругу. Существуют весьма лестные оценки творчества Э.Бауэра теми немногими, кому удалось быть с ним знакомым. Так, Б.П.Токин пишет: "Автор этих строк, близко знавший Э.Бауэра, считает своим моральным долгом перед советскими и венгерскими учеными напомнить о творчестве этого изумительной эрудиции биолога, в совершенстве знающего физику и химию, владевшего математическими знаниями; Бауэр был истинным основоположником и того направления научной мысли, которое именуется ныне биофизикой" [11, с. 3–4]. Книга, откуда взяты эти строки, содержит подробное описание жизненного и научного пути Э.Бауэра. Однако в ней присутствует,

по-видимому, вынужденное умолчание о подробностях последних лет жизни и о самой гибели Э.Бауэра. Издана данная книга была в 1963 г. малым тиражом и осталась почти незамеченной на фоне бурных событий первой политической оттепели. Автор книги, сделав акцент на характеристике Э.Бауэра как "основоположника биофизики", не имел возможности остановиться на всех аспектах творчества Э.Бауэра, в частности, на его разработках, связанных с нейрофизиологией. Поэтому эти научные изыскания Э.Бауэра представляют до сих пор *tabula rasa*.

Основной материал творчества Э.Бауэра, вышедший в свет в виде трех книг [2, 3, 14] несколько десятилетий назад, сейчас воспринимается как вполне современный.

Э.Бауэр, врач по образованию, увлекался математикой и естественными науками. Он знал достижения физиологии своего времени и мог их по достоинству оценить. Со многими интересными физиологами Э.Бауэр был лично знаком. В Биологическом институте им.Тимирязева, где с 1931 г. работал Э.Бауэр, находилась группа физиологов, организованная Х.С.Коштоянцем. В 1934 г. Э.Бауэр перешел во вновь создаваемый Всесоюзный институт экспериментальной медицины (ВИЭМ), где познакомился с А.А.Ухтомским. В те же годы в ВИЭМ трудилась замечательная плеяда физиологов — И.П.Павлов, Л.А.Орбели, А.С.Купалов, К.М.Быков. Все это не могло пройти бесследно для творчества самого Э.Бауэра. В своей основной книге "Теоретическая биология" (1935 г.) Э.Бауэр рассматривает назначение физиологии и ее место среди других отделов биологии. При постулировании критериев живого Э.Бауэр обращается к данным физиологии относительно раздражимости и возбудимости. Таким образом, сведения, полученные в физиологии, наряду с другим материалом послужили фундаментом для концепции Э.Бауэра.

Классификация наук. Место науки о мозге при подразделении на экспериментальные и теоретические науки

Появление понятий "теоретическая биология" и "экспериментальная биология" произошло в самом начале XX в. [15, 16, 17] и было вызвано стремлением дать приемлемое объяснение феномена живого и осмыслением роли редукции в исследовании живых систем. Определение живого и отношение к редукции исторически решалось с позиций "механицизма" или "витализма", которые в свое время возникли как разумные начала, но затем были доведены до абсурда взаимной критикой, Э.Бауэр обосновывает "недопустимость обоих указанных точек зрения" и выход из запутанного положения видит в "нахождении и исследовании общих законов живой материи". Отсюда возможно исследование общих законов, "которые лежат в основе всех законов движения в отдельных, специальных областях биологии"

[3, с. 9], что, собственно, и составляет предмет теоретической биологии.

Э.Бауэр проводит подразделение разных областей биологии на экспериментально-описательную и общетеоретическую части. Теоретическая и экспериментальная наука по Э.Бауэру различаются методом исследования, методом изложения и, главное, результатами исследований. Законы, установленные в этих науках, неравнозначны. Законы в экспериментальной науке получаются посредством обобщения наблюдений. Законы в теоретической науке познаются на основе абстрактных положений. Закон, сформулированный в экспериментальной науке, "лишь тогда становится содержанием теоретической науки, когда его можно вывести из определенных общих законов и теоретических представлений в качестве частного случая для тех условий, при которых закон найден" [3, с. 10]. Э.Бауэр не делает принципиальных различий между "неорганическими науками" и биологией и видит сходство их целей и методов. Некоторое их своеобразие, по мнению Э.Бауэра, определяется лишь историческим аспектом становления наук.

В настоящее время жаркие баталии между представителями "витализма" и "механицизма" вылились в дискуссии между "натуралистами" и сторонниками физико-химической биологии. За редукцией признано право на существование, а "витализм" постепенно теряет ореол мистичности [5]. Следует с благодарностью отнести к представителям "витализма", поскольку именно их умы породили на свет теоретическую биологию. История становления теоретической биологии не раз могла бы послужить иллюстрацией положений Гегеля.

Основные принципы подразделения биологии на экспериментальную и теоретическую, изложенные Э.Бауэром, считаются справедливыми и сейчас. Время не аннулировало их, а дополнило иными подходами. Выделение теоретической биологии не может быть решено без рассмотрения классификационной проблемы, привлекающей внимание современных исследователей в области методологии науки. Существует весьма обширная философская литература по данному вопросу. Сформулировано представление о классификации как о социокультурном феномене, образованном совокупностью нормативных систем [9]. При этом классификация рассматривается как один из способов организации ячеек памяти.

Предполагается существование четырех форм классификации [7]. Исторически первоначальная форма классификации выступает в виде особого (классификационного) способа организации социальной памяти, который дает представление о целостном мире как о наличии разных классов объектов и их подклассов. Правила работы в памяти отождествляются с устройством наблюдаемого мира. Исторически вторая форма классификации вступает в действие при подразделении понятий на основе специально разработанных правил. Вторая форма классификации представляет рефлексивное отображение первой. Исторически третьей формой классификации

является метод научного исследования в эмпирических науках. Данная форма классификации используется для получения описательных характеристик наблюдаемых объектов. Исторически четвертая форма классификации представляет способ теоретической работы. Она заключается в модельном представлении изучаемых объектов, что снимает вопросы специфики этих объектов. Именно на этом этапе возникает классификационная проблема как рефлексивный механизм развития науки, перехода ее из эмпирической в теоретическую [7].

К теоретическим отделам биологии Э.Бауэр относит лишь эволюционную теорию или учение о происхождении видов и общую теорию живой материи, полагая, что только в их пределах могут быть получены некие общие законы. Что касается физиологии, то она попадает в ранг экспериментальных описательных наук. Во время написания книг Э.Бауэром, по-видимому, такой подход был справедлив. Хотя и тогда, вероятно, уже была возможность рассмотрения разных тенденций в области одной науки.

В последние десятилетия благодаря взаимопроникновению ряда ранее чисто экспериментальных наук, исследовавших один и тот же объект – мозг, произошло формирование новой области знания – науки о мозге. В организации последней при некотором лидерстве нейрофизиологии приняли участие морфология, гистология, нейрохимия, гистохимия, математика, физика и другие науки. При этом стало просматриваться и возникновение классификационной проблемы, что характерно для теоретической науки [7]. Появляющиеся сегодня классификационные задачи нацелены не на решение вопросов экспериментальным путем, а на установление теоретических принципов работы мозга, для чего привлекаются теоретические модельные подходы. Данная классификационная проблема содержит в себе колоссальные трудности. Даже само ее осознание – дело завтрашнего дня.

Таким образом, с позиций подходов Э.Бауэра и на основе современных представлений о классификации, которые дополняют друг друга, науку о мозге следует рассматривать как теоретическую науку, нацеленную на выявление общих законов отражения, памяти, адаптации и, как венец этого, мыслительной деятельности. Данные законы должны быть едины в биологическом мире, и хотя бы частичное их познание позволит приблизиться к решению проблемы создания нейрокомпьютера.

Принцип Э.Бауэра и наука о мозге

В качестве основного свойства живой системы Э.Бауэр рассматривает самопроизвольное изменение. Отсюда, по мнению Э.Бауэра, проистекает необходимость удовлетворения трех требований: 1) живая система должна быть работоспособна при неизменной окружающей среде, то есть обладать потенциальной энергией;

2) живая система может реагировать, то есть активно противодействовать при изменениях в условиях окружающей среды; 3) "работа живых систем при всякой окружающей среде направлена против равновесия, которое должно было бы наступить при данной окружающей среде, при данном первоначальном состоянии системы" [3, с. 36]. Указанные требования Э.Бауэр сводит в "всеобщий закон биологии", который гласит: "все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях" [3, с. 43]. Более коротко данные положения формулируются как "принцип устойчивого неравновесия" живых систем. Высказывается мнение обозначать его как принцип Э.Бауэра [11].

Выполнение первого и второго требования, как замечает Э.Бауэр, может встречаться и в неживой природе. Можно придумать неорганические конструкции, которые, будучи "заряженной машиной", отвечали бы первому требованию или обладали бы устройствами, дающими возможность реагировать на изменение внешних условий, то есть соответствовали бы второму требованию. Однако только в биологии данные требования превращаются в исключительно необходимые для существования самой системы.

При обосновании требований к биологическим объектам Э.Бауэр обращался к данным физиологии относительно раздражимости и возбудимости. По Э.Бауэру, под раздражимостью или возбудимостью в общем обозначается то свойство живых организмов, в силу которого они на изменение состояния окружающей среды, то есть на внешние воздействия, отвечают изменением состояния..." [3, с. 29]. Раздражимость обычно играет роль "пускового", "раздражающего" момента, в результате которого слабое воздействие может вызвать освобождение значительного количества энергии. Если исходить лишь из этих положений, то близкие явления можно обнаружить и в неорганической природе. Однако только у живых организмов после реакции на "пусковой" сигнал наблюдается самопроизвольное восстановление раздражимости (возбудимости). Данный факт Э.Бауэр рассматривает как проявление первого требования. Поскольку возбудимость представляет "свойство живых систем, что они могут влиять на течение вызванного при помощи внешнего физико-химического воздействия процесса посредством активного участия..." [3, с. 33], то это соответствует выполнению второго требования. Э.Бауэр замечает, что сама реализация второго требования может осуществляться только посредством таких физиологических явлений, как раздражимость и возбудимость.

Возбуждение нервной ткани исследовалось в русской физиологической школе Н.Е.Введенского и А.А.Ухтомского, с которой Э.Бауэр был знаком. Сам Э.Бауэр в своей книге "Теоретическая биология" (1935) использовал понятия возбудимость и раздражимость как эквивалентные, а также отмечал отсутствие существенных различий между возбуждением и раздражением. Однако

он ссылаясь на работы Мангольда, который разделял понятия возбуждения и раздражения. "Возбуждение есть всякое активное изменение протекающих в живом организме процессов, а раздражение он определяет как всякое внешнее изменение, которое способно так подействовать на живое существо, что оно в течение своих жизненных процессов само реагирует изменением" [3, с. 32]. В настоящее время понятия возбудимости и раздражимости несколько перекрывают друг друга. При этом в отношении физиологических процессов в животном мире обычно используется термин возбудимость, под которым рассматривают "способность живых клеток (от простейших одноклеточных организмов до нервных клеток человека) воспринимать изменения внешней среды и отвечать на эти изменения (раздражения) реакцией возбуждения" [4]. Термин раздражимость чаще встречается при характеристике растительных объектов. Для понятий возбуждение и раздражение сейчас существуют более заметные разграничения, чем для вышеуказанных, и близкие к тем, на которые обращал внимание Мангольд. Принято, что "возбуждение — реакция живой клетки на раздражение, выработанная в процессе эволюции" [4].

Однако можно признать, что суть дела не в терминах, здесь время вносит свои коррективы, а в том, что биологический объект при действии на него внешней среды производит специфическую реакцию за счет освобождения внутренней энергии, направленную в конечном варианте на нивелирование результатов этого действия. Данная реакция (возбуждение) представляет сложную иерархию событий, лишенных практически порога, градуальных, и возникающих по принципу "все или ничего". Первые из них разыгрываются на чувствительных мембранах нервных клеток, вторые используются для передачи информации по аксонам посредством потенциалов действия.

При организации ответной реакции на уровне организма участвующие в ее осуществлении структуры мозга можно в приближенном варианте подразделять на афферентные, эфферентные и ассоциативные. Это же относится и к деятельности отдельных его частей. Прослеживается единство принципов интеграции информации на уровне целостного мозга, отдельных его интегративных единиц и одиночных нейронов [13]. Основным элементом нервной системы нейрон — чрезвычайно сложное создание. Сам нейрон можно рассматривать как нервную систему в миниатюре. Принципы функционирования нервных клеток в разных отделах нервной системы (центральной и периферической) одни и те же. Предполагается, что и принципы интеграции информации на разных уровнях биологической организации должны быть сходны [1]. Отсюда наука о мозге, помимо решения частных задач, должна быть нацелена на изучение именно общих законов интеграции информации и связанных с ними адаптации и памяти, то есть включать в себя теоретический аспект.

Э.Бауэр неоднократно подчеркивал, что согласно принципу устойчивого неравновесия при действии внешних сил живая система производит работу, направленную против наступления равновесия для поддержания своей работоспособности. Работа совершается за счет внутренней "структурной" энергии, которая не бесконечна. Следовательно, если изменения внешней среды велики, то необходимый расход энергии может превысить реально возможный. При этом работа против наступления равновесия окажется недостаточной. Поэтому должны быть некие допустимые пределы изменений среды, при которых организм может существовать. С установлением этих пределов Э.Бауэр связывает проблему приспособляемости, которую он рассматривает в тесном взаимодействии с феноменом раздражения. Для характеристик приспособляемости и раздражения Э.Бауэр использует показатели продолжительности и интенсивности воздействия.

Раздражение, по Э.Бауэру, возникает при коротких импульсах воздействия достаточной интенсивности, которые вызывают быстро проходящие нарушения, но не сдвигают равновесия системы. Приспособление имеет место при длительных воздействиях, которые сдвигают равновесие, но не вызывают нарушения. Если параметры воздействий выходят за границы физиологически допустимых, то эффекты раздражения дополняются сдвигами равновесия, а эффекты приспособления — нарушениями, что может привести к гибели.

Изменения в живых системах, описанные Э.Бауэром при приспособлении, с позиций современной нейрофизиологии представляют не что иное, как переход на другой уровень функционирования — сдвиг функционального состояния. В деятельности самого мозга можно выделить две относительно самостоятельные системы [12]. Одна из них, преимущественно электрической природы, использует наиболее высокие частоты биоритмов и представляет быстродействующую систему, организующую ответные реакции. Другая, состоящая из многих компонентов, но с преобладанием электрохимического механизма, включается при смене функционального состояния. Деятельность обеих систем осуществляется в соответствии с принципом устойчивого неравновесия, что достигается посредством фазовых переходов. Последние прослеживаются и в организации кратковременных реакций, и в тонических колебаниях функционального состояния.

Э.Бауэр, в силу специфики своего времени, не рассматривал механизм обратных связей в живых системах. Однако его трактовка приспособления близка к современному пониманию пластичности и регуляции, которые осуществляются на основе обратных связей и, по сути дела, представляют процессы самоорганизации в нервной системе. По-видимому, именно феномен самоорганизации может составить кредо неких общих законов, которых следует ждать от развития теоретического аспекта науки о мозге. Надо признать, что сама возможность самоорганизации в функционировании мозга сейчас еще не является общепризнанной. Тем не менее, это пред-

ставление не было чуждо еще павловской физиологической школе. И.П.Павлов считал, что организм есть "система, в высочайшей степени саморегулирующаяся, сама себя поддерживающая, восстанавливающая, направляющая и даже совершенствующая" [8, с. 188].

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968.
2. Бауэр Э.С. Физические законы в биологии. М.: Изд. Мособлисполкома, 1930.
3. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.-Л.: Изд. ВИЭМ, 1935.
4. Большая Советская Энциклопедия. Т. 5. М.: Советская Энциклопедия, 1971.
5. Заренков Н.А. Теоретическая биология. М.: Изд. МГУ, 1988.
6. Меркулов В.Л., Ухтомский А.А. Очерк жизни и научной деятельности. 1975-1942. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1960.
7. Митрофанова С.С. Взаимодействие наук в классификационной проблеме//Классификация в современной науке. Новосибирск: Наука, 1989. С. 5-18.
8. Павлов И.П. Полное собрание сочинений. Изд. второе. Т. III. М.: Изд. АН СССР, 1951.
9. Розов М.А. Проблемы эмпирического анализа научных знаний. Новосибирск: Наука, 1977.
10. Сеченов И.М. Рефлексы головного мозга. М.: Медгиз, 1961.
11. Токин Б.П. Теоретическая биология и творчество Э.Бауэра. Л.: Изд. ЛГУ, 1963.
12. Чиженкова Р.А. Диалектическое единство подходов в изучении мозга: нейрофизиология и биоэнергетика//Биология и медицина. Философские и социальные проблемы взаимодействия. М.: Наука, 1985. С. 118-129.
13. Чиженкова Р.А. Структурно-функциональная организация сенсомоторной коры (морфологический, электрофизиологический и нейромедиаторный аспекты). М.: Наука, 1986.
14. Bauer E.S. Grundprinzipien der rein naturwissenschaftlichen Biologie. Roux'Vortrage und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen. H. 26. Berlin: J. Springer, 1920.
15. Bertalanffy L. Theoretische Biologie. H. 1. Berlin, 1932.
16. Reinke J. Einleitung in die theoretische Biologie. Berlin, 1901.
17. Schaxel J. Grundzüge der Theorien Bildung in der Biologie. Jena, 1922.

ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ В СТРУКТУРЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

Э.Н.Мирзоян

Теоретическая биология прошла многовековой путь развития. На разных этапах истории биологии она находила различное – и по форме и по содержанию – выражение. Ее становление и развитие проходили под влиянием прежде всего прогресса самого биологического знания. Однако она всегда находилась в тесном союзе с остальным естествознанием, ассимилируя его идеи и методы и, в свою очередь, воздействуя на генезис естественно-научного мышления. Формирование теоретической биологии шло иными путями по сравнению с теоретической физикой или теоретической химией.

Объясняется это особенностями предмета биологии: живая материя изучается на многих уровнях своей организации (от электрона до биосферы), каждый из которых обладает спецификой; исследуется происхождение и эволюция живой материи в целом и отдельных уровней ее организации. Знания о каждом уровне организации живого добываются многочисленными специальными биологическими дисциплинами, каждая из которых вырабатывает свою теоретическую базу, методы исследования и язык, свой понятийный аппарат. Несмотря на все эти препятствия в XX в. было предпринято несколько попыток построить целостное здание теоретической биологии. Одно из наиболее стройных таких зданий удалось создать Э.С.Бауэру.

Работа Э.С.Бауэра над проблемами теоретической биологии продолжалась между 1920 и 1935 гг. Это было время глубоких перемен в биологии. Намечается синтез теории эволюции и генетики. Экспериментальный метод завоевывает все новые позиции, проникая в самые "описательные" дисциплины. Широкое развитие получает физико-химическая биология. За счет развития эволюционных направлений в специальных биологических дисциплинах формируется новая область знания — эволюционная биология. Возникает новая картина живой природы, которая находит отражение в сводках по общей биологии. Наконец, поиски общих законов, лежащих "в основе всех законов движения в отдельных, специальных областях биологии", приводят к созданию теоретической биологии [1, с. 9]. В ее структуру входят, по Бауэру, эволюционная теория (учение о происхождении видов) и общая теория жизни.

Нас будет интересовать эволюционный раздел теоретической биологии Бауэра. Первоначально он обратился к теории эволюции Ч.Дарвина. Выяснилось, однако, что будучи преимущественно теорией видообразования, она не удовлетворяет требованиям построения единой теоретической биологии. Общей теории живой материи могла соответствовать лишь общая теория эволюции живой материи. Только в результате их синтеза и могла возникнуть теоретическая биология. Разделив историю биологии на три этапа — описательной, экспериментальной и теоретической биологии, Бауэр отнес теорию Дарвина к достижениям первого этапа, на котором решалась задача нахождения закономерностей в формах проявления живой материи. Соответственно теория Дарвина рассматривалась им как теория "проявления живой материи в ходе истории" [1, с. 6]. На втором, экспериментальном этапе решалась задача описания и нахождения единичных законов движения живой материи, лежащих в основе различных единичных проявлений жизни и процессов формообразований. Предпринятые на этом этапе попытки генетики углубить теорию эволюции, "свести ее к теории наследственности", Бауэр считал неудовлетворительными. Коренной недостаток существующей эволюционной теории он усматривал в том, что она "принципиально отрицает всякую закономерность в

смысле закономерности, осуществляющейся во времени с необходимостью через частное и случайное, т.е. в смысле направленности во времени" [1, с. 19]. Чтобы сделать теорию эволюции "истинной исторической теорией живой материи", ее предстояло, по замыслу Бауэра, перестроить и углубить на основе общих законов движения живой материи. В этом он видел единственный путь совершенствования теории эволюции на теоретическом этапе развития биологии.

Сразу после выхода "Теоретической биологии" Бауэра в печати отмечалось, что его идеи "представляют значительный теоретический интерес, давая совершенно новую и оригинальную концепцию живой материи на основе принципа устойчивого неравновесия. Автор распространяет свою теорию на целый ряд жизненных явлений, как то: обмен веществ и ассимиляция, размножение, приспособление, раздражимость и даже эволюция. Всюду он проводит воззрения, иногда резко диссонирующие с общепринятыми" [2, с. 7]. Действительно, в 20–30-е гг. основное внимание теоретиков-эволюционистов было сосредоточено на поисках путей осуществления нового эволюционного синтеза на базе классической и популяционной генетики. Синтез основывался как раз на углублении и уточнении теории видообразования; теория микроэволюции, создававшаяся в эти годы Ф.Добржанским на основе идей школы С.С.Четверикова, составила ядро как называемой синтетической теории эволюции, опубликованной в 1942 г. Дж.Хаксли. Изложенная схема развития эволюционного синтеза остается пока широко принятой. Теоретическая биология Бауэра в нее не вписывается.

Не вправе ли мы думать, что искания Бауэра – это тупиковая ветвь в развитии эволюционной мысли? Быть может, отдавая должное его смелой попытке построить нестандартную теоретическую конструкцию и его принцип устойчивого неравновесия, следует признать, что его усилия в области теории эволюции себя не оправдали? Но в таком случае мы вынуждены будем расценить теоретическую биологию Бауэра в целом как неудачный замысел. Все эти сомнения отпадают, если признать, что развитие эволюционной мысли в XX в. не сводится к созданию синтетической теории эволюции, что оно привело к возникновению эволюционной биологии, целью которой является построение общей теории эволюции живой материи [3, 4]. Если исходить из модели развития эволюционной биологии, то оказывается, что теоретическая биология Бауэра не только вполне укладывается в рамки биологии первой трети XX в., но и отражает наиболее фундаментальные устремления эволюционного естествознания. Тенденция развития эволюционной мысли проявилась со всей определенностью. В 1924 г. А.И.Опарин предложил теорию происхождения жизни, сформулировав при этом принцип самосовершенствования живой материи. В 1926 г. В.И.Вернадский опубликовал свое учение о биосфере. В 1928 г. В.Н.Беклемишев создал учение о живом покрове

Земли, или Геомериде. В.Н.Сукачев энергично развивал биоценологию. Опираясь на опыт построения эволюционной гистологии, А.А.Заварзин высказался в пользу создания теории эволюции живой материи. Н.К.Кольцов сформулировал фундаментальный принцип "каждая молекула от молекулы", несомненно более широкий, чем предложенный им же принцип матричного синтеза белка. Вслед за этим в 1933 г. Кольцов рассмотрел проблему прогрессивной эволюции, включив в нее эволюцию химических элементов и эволюцию молекул [5]. Обозревая в 1935 г. успехи различных дисциплин, он имел все основания заключить: "XX век уже успел сыграть большую роль в развитии теоретической биологии" [6, с. 623].

Достижения биологии и остального естествознания создавали предпосылки для построения теоретической биологии, отвечающей новому уровню научного познания. Однако реальный путь к достижению этой цели был далеко не очевиден. Не случайно, конечно, подходы здесь оказались столь многообразны. Это и математическая биология (А.У.Томпсон, 1917; В.А.Костицын, 1937), и математическая биофизика (А.Лотка, 1924; Н.Рашевский, 1938), и теоретическая биология (Л.Фон Берталанфи, 1932; Э.С.Бауэр, 1920, 1935), и теория систем (Богданов, Л. Фон Берталанфи) (например, [7]).

Особенность подхода Бауэра состоит в соединении биохимического, биофизического, математического (количественного), экспериментального и исторического приемов исследования. Эта особенность нашла отражение в его теории эволюции живой материи. Основополагающим принципом этой теории является принцип самодвижения материи. "...Историческую закономерность мы имеем тогда, когда система движется во времени на основании свойственных ей внутренних законов движения, а не только в силу действующих на нее извне причин, и когда вследствие этих законов движения системы с неизбежностью наступает закономерное изменение во времени некоторых ее свойств, некоторых переменных, хотя изменения других свойств, каузально связанных с данной переменной, происходят случайно" [1, с. 71]. Эта историческая закономерность вытекает в конечном счете из данного состояния и данной структуры материи. Уже при возникновении живой материи в ней возникают противоречивые тенденции внутренней и внешней работы; в ходе эволюции живого мира внешняя работа с необходимостью возрастает. Эволюционный принцип увеличения внешней работы подводит к выводу, согласно которому "историческая закономерность эволюции является закономерностью не отдельных организмов или даже видов и их взаимодействий друг с другом, а закономерностью всей живой материи, существующей на земле" [1, с. 203]. Эволюция живой материи протекает направленно. Разнообразие форм живых систем в эволюции изменяется в двух направлениях: в сторону увеличения разнообразия одновременно существующих форм за счет использования различных

источников энергии и различных внешних условий и в сторону увеличения внешней работы в пределах однородной группы форм. Увеличение разнообразия форм сопровождается увеличением внешней работы, роль ее возрастает. Вновь возникающие формы отличаются меньшей способностью к внешней работе: "более древние формы обладают менее развитыми структурами для внешней работы, чем более поздние" [1, с. 68]. Роль этих структур в эволюционных преобразованиях чрезвычайно велика: "при возрастающей плотности населения, при равных источниках энергии, в борьбе за существование побеждают те системы, которые обладают более приспособленной структурой для производства внешней работы" [8, с. 8–9]. А так как внешняя работа производится за счет "структурной энергии живой материи", то оказывается, что "в конце концов в ходе эволюции увеличивается потенциал живой массы, т.е. расстояние энергетического уровня молекул от равновесного состояния" [8, с. 13]. Опираясь на изложенную выше теорию эволюции живой материи, а также на принцип устойчивого неравновесия и принцип работы системных сил, Бауэр высказал суждение о структуре живой материи, открывающее, как он полагал, путь к обоснованию "единой теории жизненных явлений" [8, с. 9]. Работоспособность и неравновесное состояние структуры живой материи он отнес за счет самой молекулярной структуры. Состояние и структура не могут быть объяснены обменом веществ, который сам нуждается в объяснении. Но если допустить, что неравновесие структуры живой материи обусловлено неравновесием некоторых входящих в ее состав молекул, то "непринужденно объясняется как обмен веществ, так и другие жизненные явления" (там же). Молекулы в живом организме находятся в возбужденном состоянии. Динамического обмена веществ не существует, есть только пластический обмен. Сохранение жизни обеспечивается комбинацией обмена веществ и самопереваривания. Первый процесс ведет к увеличению живой массы и уменьшению потенциала, второй — к увеличению потенциала и уменьшению массы. Адаптация организмов к условиям окружающей среды "не играет роли в образовании видов" [8, с. 13]. Пока организм способен приспосабливаться к условиям среды, не выходящим за границы физиологической нормы, мутации не возникают и следовательно "не создается материала для эволюции" (там же). Если же выход за эти границы имеет место, то "возникают мутанты и повышается вероятность мутантов, приспособленных к новым внешним условиям" (там же). Отсюда Бауэр сделал вывод, что материал для эволюции поставляют побежденные в борьбе за существование.

Параллельно с построением теоретической биологии Бауэр много размышлял над проблемами методологии научного познания [9, 10]. Он справедливо заметил, что "толкование" процессов жизнедеятельности еще не является теорией. Задачу биологии,

как и других отраслей естествознания, он усматривал в отыскании общих законов, а назначение законов и теорий в том, чтобы "в сложных единичных явлениях можно было видеть только специальные случаи общих законов, к которым можно сводить эти случаи и тем их объяснять и, наконец, чтобы, исходя из этих теорий и законов, мы могли предвидеть явления" [10, с. 12]. Теория превосходит закон по своим прогностическим возможностям, так как она "должна вести к открытию новых законов" [10, с. 13]. Критерием истинности теории служит эксперимент и применимость теории в практике. Если теория истинна, то она должна продемонстрировать "возможность предусмотреть ход процессов в эксперименте и в практике" [9, с. 17]. Именно теория позволяет планировать эксперимент, задавая заранее условия опыта. Такой опыт в биологии именуют, по словам Бауэра, "предвзятым" и "неточным", однако в действительности этот способ познания является в естествознании наиболее точным и даже единственно возможным. "Это и есть тот способ, который применяет точное естествознание, — физика и химия..." [10, с. 13]. Когда в биологии требуют, чтобы опыты ставились "не предвзято", или, другими словами, "без всякой теории и без отношения к какому бы то ни было общему закону", то это требование совершенно ошибочно (там же). Сбор фактов, проведение опыта и измерение должны осуществляться "непредвзято и точно". "Но точное проведение всего опыта без известной степени абстракции является невозможным" [10, с. 14].

Несмотря на хорошую методологическую подготовку автора "Теоретической биологии", его концепция оказалась несвободной от слабых пунктов и противоречий. Учитывая масштаб задачи, которую решал Бауэр, и возможности биологии 20–30-х гг., иного нельзя и ожидать. Однако и противоречия, когда речь идет о крупной естественно-научной концепции, представляют живой интерес. Прежде всего возникает вопрос о содержании понятия "живое вещество". Под ним Бауэр подразумевает протоплазму клетки. Эксперименты, призванные подтвердить теорию, были проведены им на клеточном и органном уровне. Между тем, когда он говорит об эволюции живой материи вообще, то имеет в виду не только организмы, виды и биоценозы, но и всю живую материю в целом. Бауэр широко пользуется понятием "живая система", однако границы такой системы, специфика разных живых систем определены им нечетко. Слабо затронута проблема уровней организации живого и специфических закономерностей эволюции этих уровней. Одним из первых Бауэр попытался синтезировать генетику с теорией эволюции живой материи (а не с дарвинизмом как господствующей парадигмой теоретической биологии). Его попытка не удалась и может быть именно эта неудача определила его критические замечания в адрес теорий А.Вейсмана и Т.Г.Моргана. Наконец,

синтез общей теории живой материи и теории эволюции живой материи оказался слабо подкреплён экспериментом.

От "Теоретической биологии" Э.С.Бауэра нас отделяет более полувека. Не только научное наследие ученого, но и он сам "оказался непонятым и забытым" [11, с. 165]. Годы забвения не помешали возрождению интереса к идеям этого замечательного биолога-теоретика. Живая материя не была для Бауэра только чем-то внешним, явлением, существующим независимо от человека и общества. Он думал об их взаимоотношениях, следуя принципам своей теоретической биологии. Человека он рассматривал как "живую систему", "биологический объект" и одновременно как члена общества, "общественный объект". Объединяя людей, общество подчиняется собственным законам. Биологические законы не могут быть просто перенесены на людей как на совокупность биологических объектов. И хотя биологические законы не вступают в противоречие с законами общества, "они будут перекрыты и изменены закономерностями общества как большего единства" [10, с. 101]. Как эти изменения могут отразиться на закономерностях эволюции живой материи в масштабах всей планеты? Этот вопрос Бауэр не обсуждал. И все же его теоретическая биология помогает нам лучше осознать судьбы живой материи и ее эволюции на планете.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.—Л.: Изд. ВИЭМ, 1935. 206 с.
2. От редакции//СОРЕНА. 1935. Вып. 9. С. 7.
3. Мирзоян Э.Н. От дарвинизма к эволюционной биологии//Дарвинизм: история и современность. Л.: Наука, 1988. С. 184-189.
4. Мирзоян Э.Н. Эволюционная биология//Историко-биологические исследования. М.: Наука, 1989. Вып. 10. С. 20-37.
5. Кольцов Н.К. Проблема прогрессивной эволюции (1933)//Организация клетки. Сборник экспериментальных исследований, статей и речей. 1903-1935. М.—Л.: Биомедгиз, 1936. С. 506-539.
6. Кольцов Н.К. Роль гена в физиологии развития (1935)//Организация клетки. Сборник экспериментальных исследований, статей и речей. 1903-1935. М.—Л.: Биомедгиз, 1936. С. 623-648.
7. Морозов Г. Исторический очерк//Теоретическая и математическая биология. М.: Мир, 1968. С. 34-47.
8. Бауэр Э.С. Принципы теоретической биологии//СОРЕНА. 1935. Вып. 9. С. 7-13.
9. Бауэр Э.С. Диалектика в естествознании//Моск. мед. журн. 1928. №10-11. С. 17-23.
10. Бауэр Э.С. Физические основы биологии. М.: Изд. Мособлисполкома, 1930. 103 с.
11. Токин Б.П. Теоретическая биология и творчество Э.С.Бауэра. Л.: Изд. ЛГУ, 1965. 176 с.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ "ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ" Э.БАУЭРА: ПОИСК ПУТЕЙ К ТЕОРИИ ОБОБЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ И ИСТОЧНИКОВ НЕРАВНОВЕСНОСТИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ

А.П.Левич

1. Задача теоретической биологии

Пятьдесят пять лет назад в "Теоретической биологии" Э.Бауэр заметил, что биология не есть прикладная физика или химия, что "все специальные законы..., которые будут открыты отдельными ветвями биологии,... должны оказаться специальными... проявлениями всеобщих законов движения, свойственных живой материи" [Бауэр, 1935, с. 8]. Задачу теоретической биологии, причем задачу ближайшую, Э.Бауэр видел в разработке общих законов движения живой материи. Задача эта, однако, не решена и поныне. В качестве аналога таких общих законов Э.Бауэр предлагал устройство теоретической физики, приводя примеры из механики Ньютона и статистической физики.

Каким же образом устроены теории в формально развитых областях естествознания? Методология науки подсказывает, что теория какого-либо фрагмента реальности обязательно включает ряд компонентов, разработка которых осознанно или часто неявно выступает этапами создания теории [Левич, 1989, а, б].

О-компонент состоит в описании идеализированной структуры элементарного объекта теории.

С-компонент заключается в перечислении допустимых состояний объектов теории. Другими словами, о компоненте *S* говорят как о пространстве состояний исследуемой системы.

С-компонент фиксирует способы изменчивости объектов и исправляет чрезмерную идеализацию, связанную с выделением объектов, поскольку в мире нет объектов, а есть лишь процессы, абстракцию от которых составляют представления об объектах. *С-компонент* вводит в теорию процессы, изменчивость, предвремя.

Т-компонент теории состоит во введении часов и параметрического времени в описание функционирования систем. Параметрическое время предлагается понимать как образ меняющихся объектов при отображении процесса изменчивости в линейно упорядоченное, метризованное (как правило, числовое) множество. Обычно изменчивость избранного объекта принимается за эталон и с ее помощью измеряются иные изменчивости. Часы и есть естественный объект, изменчивость которого служит эталоном и операционным способом устройства нужного отображения.

Л-компонент теории представляет собой формулировку закона изменчивости, выделяющего реальное обобщенное движение объектов в пространстве состояний из всех возможных движений (термин

"обобщенное движение" употреблен как синоним изменчивости объектов).

В механике и теории поля такой закон чаще всего имеет вид "уравнений движения". Например, уравнения Ньютона для движений макрообъектов с небольшими скоростями и в несильных полях или уравнения Шредингера в нерелятивистской квантовой механике, уравнения Максвелла, Эйнштейна, Дирака и т.д.

Закон может быть сформулирован не в виде уравнений, а, скажем, в форме экстремального принципа. Например, принципа минимального действия: реальна траектория, для которой интеграл по времени от равенности кинетической и потенциальной энергии минимален. Формулировка закона изменчивости в виде уравнений движения и в виде экстремальных принципов равносильны.

Наконец, *I-компонент* теории составляет набор интерпретирующих процедур. Во-первых, это процедура сопоставления формальным, как правило, математическим конструктам теории абстрактных понятий предметной реальности. И во-вторых – правила соотношения предметных понятий с экспериментально измеряемыми величинами.

Таким образом, построение биологической теории должно предваряться:

- исследованием феномена времени в биологии и физике;
- разработкой конструкции времени, пригодной для построения T-компонента законов движения живой материи.

Задачи настоящей работы:

- показать, что интерпретации принципа устойчивого неравновесия Э.Бауэра могут оказаться эквивалентными гипотезе о существовании потока, генерирующего течение метаболического времени естественных систем;
- предъявить конструкцию субституционного времени, возможно, пригодную для поставленных Э.Бауэром целей построения биологической теории.

2. О происхождении источников неравновесности

"...Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия..." [Бауэр, 1935, с. 43]. Источником свободной энергии по Э.Бауэру является неравновесность молекулярной структуры живого (синонимы – "работа структурных сил" или "структурная энергия"). Что же служит источником неравновесности "живой материи"? Во-первых, "за счет процессов выравнивания активируются молекулы пищи и их энергия послужит для поддержания этого состояния" (речь идет об "активном, деформированном состоянии молекул живой материи" [Бауэр, 1935, с. 127]).

Однако по Э.Бауэру неизбежным результатом обмена является понижение потенциала свободной энергии неравновесности: "чем

обмен интенсивней, тем скорее истощается свободная энергия, которой обладает живая материя вследствие деформированной, неравновесной структуры своих молекул" [Бауэр, 1935, с. 129]; к тому же "при ассимиляции используется структурная энергия самой системы, необходимая для перестройки неживой, т.е. не принадлежащей системе массы..." [Бауэр, 1935, с. 144]. При этом оказывается, что общее количество энергии, которое может быть ассимилировано организмом в процессе обмена веществ, ограничено. Это количество является видоспецифическим параметром организма ("константа Рубнера" [Бауэр, 1935, с. 131; Зотин, Алексеева, 1984]) и "пропорционально свободной энергии яйцевой клетки" [Бауэр, 1935, с. 130]. Тем самым, проблема источника неравновесности живой материи не исчерпывается за счет свободной энергии пищи — нужен еще какой-либо источник неравновесности, траты которого регламентируют возможность организма восполнять потери такой свободной энергии. По отношению к этой более глубинной неравновесности можно предложить несколько вариантов ее возникновения в организме:

- закон невозрастания (или сохранения) структурной энергии и передачи ее от поколения к поколению;

- возможность внешнего пополнения структурной энергии в момент зарождения (или оплодотворения) яйцевой клетки дополнительно к объяснению бауэровской "теории, по которой зародышевые клетки с их максимальным исходным потенциалом образуются... за счет умирания или, другими словами, диссимиляции тканей тела" [Бауэр, 1935, с. 144];

- отказ от невозможности прижизненного пополнения структурной энергии с указанием способов такого пополнения (например, некоторого механизма ассимиляции ее автотрофами и дальнейшего распространения по трофическим цепям в биосфере).

Во втором и третьем случаях, а также при других, конечно, возможных вариантах, допускающих пополнение организмами своей структурной энергии, остается вопрос об источниках такого пополнения.

В связи с проблемами осмысливания принципа устойчивого неравновесия возникает ассоциация с поисками источников неравновесности и в ином естествоиспытательском контексте. Речь идет о проблеме течения времени или становлении. Одна из возможных гипотез о природе течения времени связана с субституционной конструкцией времени [Левич, 1989, а, б].

Все естественные системы иерархичны. На любом уровне их иерархического строения происходят замены (субституции) составляющих систему элементов. Любая изменчивость естественных систем может быть описана суперпозицией замен элементов каких-либо уровней строения системы. Количество замененных элементов некоторой эталонной системы может служить субституционными часами систем. Происхождение замен элементов обязано внешнему для системы потоку элементов некоторого ее глубинного уровня

строения, потоку, который пронизывает содержащую систему, естественную иерархию. В частности, время вселенной (т.е. области мира, доступной инструментальным методам измерения) порождается некоторым генерирующим потоком предэлементов довольно глубоких уровней иерархии строения материи. То есть вселенная не изолирована, не замкнута, не равновесна и именно ее неравновесностью порождено течение времени.

Появившись как логическая экстраполяция свойств метаболического времени, генерирующий поток позволяет конструктивно искать подходы к существующим проблемам естествознания. Связь между течением времени и неравновесностью, диссипацией потоков и необратимостью тривиальна: неравновесность системы, т.е. наличие субстратно-энергетического потока через нее и есть течение времени. Нетривиально то, что для этой тривиальности обязательно должен существовать генерирующий поток. Вопрос о "природе" времени, причинах его "течения", механизмах становления переводится гипотезой потока в вопрос о происхождении и статусе субстратной и энергетической "подпитки" нашей вселенной. Для конструкции времени поток представляет фундаментальный, первичный эталонный объект и порождает последовательность моментов времени – время линейно упорядочено потому, что таков генерирующий поток. Необратимость времени – не имманентное его свойство, а превносится во вселенную вместе с направленностью потока предцели: необратимость времени существует, пока не обращен генерирующий поток.

Существование потока избавляет второе начало термодинамики от жупела "тепловой смерти" вселенной. Возрастание энтропии ведет к равновесному распределению лишь при глобальной экстремизации энтропии изолированной системы. Наличие потока, лимитирующего эволюцию системы, требует решения задачи на условный экстремум и влечет неравномерные распределения параметров типа распределения Гиббса [Левич, 1980], а также влечет возможность порождения структур, т.е. самоорганизации.

"...ежедневный опыт убеждает нас в том, что свойства природы не имеют ничего общего со свойствами равновесной системы, а астрономические данные показывают, что то же самое относится и ко всей доступной нашему наблюдению колоссальной области вселенной" [Ландау, Лифшиц, 1964; (с. 45–46)]. В связи с этим не служит ли отсутствие признаков равновесности вселенной аргументом в пользу гипотезы о существовании генерирующего потока?

Ассоциации, связанные с идеей порождающего потока не новы ни в философии, ни в естествознании. Это и картина мира в даосизме, и абсолютное время И.Ньютона, и современный физический вакуум. Это и субстанциональная концепция Дж.Уитроу, касающаяся "гипотезы... согласно которой имеется единый основной ритм вселенной" [Уитроу, 1964, с. 63]. Это и поток времени Н.А.Козырева.

Н.А.Козырев представлял, что время "является грандиозным потоком", охватывающим все материальные процессы во вселенной, и все процессы, происходящие в этих системах, являются источниками, питающими этот общий поток" [Козырев, 1963, с. 96]. Автор пишет об интенсивности или плотности этого потока, об энергии, что несет поток, о его излучении или поглощении, о прямолинейности его распространения, об отражении от препятствий или о поглощении его веществом. Поэтому возникают основания для отождествления потока Козырева с некоторым субстанциональным потоком, источником которого являются, по Козыреву, любые неравновесные, необратимые мировые процессы (под которыми подразумеваются, по-видимому, процессы, сопровождающиеся изменениями энергии и термодинамической энтропии систем).

Козырев предлагает заметить резкое противоречие между вторым началом термодинамики, приближающим тепловую и радиационную деградацию вселенной, и отсутствием каких-либо следов равновесия в наблюдаемом разнообразии вселенной. Он подчеркивает, что "попытки объяснить отсутствие тепловой смерти... были оторваны от той реальной Вселенной, которую наблюдает астроном". Дело в том, что отдельные небесные тела и их системы так изолированы друг от друга, что для них тепловая смерть должна заметно приблизиться, прежде чем произойдет вмешательство сторонней системы. Поэтому деградированные состояния систем должны бы преобладать, а между тем, они почти не встречаются. И задача состоит не только в том, чтобы объяснить неравновесность вселенной в целом, она имеет значительно более конкретный смысл — понять, почему отдельные системы и сами небесные тела продолжают жить, несмотря на короткие сроки релаксации [Козырев, 1963, с. 96]. Возможны различные гипотезы, "спасающие" второе начало термодинамики. Например, сохранение изолированности вселенной при расположении текущего момента космологического времени не настолько далеко от "начальной" флуктуации (сингулярности, катаклизма), чтобы следы деградации были достаточно заметны, т.е. "смерть" отодвигается на далекое будущее. Н.А.Козырев предлагает альтернативный вариант: вселенная и ее подсистемы не изолированы, т.е. необходимое условие действия второго начала термодинамики отсутствует; "в природе существуют постоянно действующие причины, препятствующие возрастанию энтропии" [Козырев, 1958, с. 3]. Необходимым источником неизоллированности системы как раз и является поток Козырева, который также необходим для объяснения происхождения энергии звезд [Козырев, 1948, 1950].

Поток Козырева проявляется в многочисленных механических явлениях. Необратимые процессы (например, в экспериментах Н.А.Козырева это — деформация тел, удары воздушной струи о препятствия, работа песочных часов, поглощение света, трение, горение, некоторые виды деятельности наблюдателя, изменение

температуры тел, изменение агрегатного состояния вещества, растворение или перемешивание веществ, увядание растений, несветовое излучение астрономических объектов), по мнению экспериментаторов, излучая или поглощая Козыревский поток, поворачивают коромысло или диск крутильных весов. При этом оказывается, что поток может экранироваться и поглощаться веществом, а также отражаться. Неупругие процессы в твердых телах меняют их вес, а для упругих тел меняются количественные характеристики упругости. Меняется вес волчков при условии включения вращающегося тела в дополнительный процесс, например, вибрацию, нагрев или охлаждение, пропускание электрического тока. Многие особенности фигуры и климата как Земли, так и других планет объясняются влиянием диссипативных процессов на планеты как на гигантские гироскопы.

На поток, сопутствующий неравновесным процессам, реагируют параметры и немеханических датчиков – величина сопротивления резисторов, уровень ртути в термометрах, частота колебаний кварцевых пьезоэлементов, электрический потенциал термопары, вязкость воды, работа выхода электронов в фотоэлементах, скорости химических реакций.

Следует отметить, что взгляды Н.А.Козырева с трудом укладываются в существующие физические представления. Величины эффектов в опытах Козырева невелики: дополнительные силы в механических опытах составляют 10^{-4} – 10^{-5} величины веса тела, участвующего в измерении; относительное изменение, обязанное потоку Козырева, в работе немеханических датчиков составляет 10^{-5} – 10^{-7} измеряемой величины; для крутильных весов эффект поворота может достигать нескольких десятков град, что соответствует силам, составляющим 10^{-6} – 10^{-7} от величины уже действующих в системе сил. Вот как иллюстрирует Н.А.Козырев трудности обнаружения скрытых дополнительных источников энергии звезд, связанные с локальной малостью эффектов [Козырев, 1977, с. 210]: "Получилась ситуация, аналогичная той, в которой оказался бы физик лаборатории, оторванный от Земли и находящийся в глубинах космоса. Едва ли он бы натолкнулся в своих опытах на действие сил тяготения. Вместе с тем, эти силы определяют не только всю динамику космических тел, но и их внутреннее строение. Аналогия здесь заключается в том, что несмотря на огромную потерю энергии, звезда представляет собой удивительный по совершенству термос. Например, вещество Солнца при температуре внутри него порядка десяти миллионов градусов может остывать в соответствии со шкалой Гельмгольца-Кельвина только на один градус за три года. Ничтожный приток энергии, необходимый для компенсации такого расхода, едва ли мог бы обратить на себя внимание в лабораторных условиях".

Н.А.Козырев неоднократно подчеркивал, что неравновесность Мира, создаваемая потоком времени, должна самым обязатель-

ным образом сказываться на осмысливании феномена жизни во вселенной.

"...Жизненного начала и нет в наших научных знаниях. Физика, химия и другие точные науки могут строго проследить и предсказать путь гибели подхваченного ветром, упавшего с дерева листа и даже написать уравнение его движения, но они бессильны объяснить, как он вырос, как он принял свою форму и свойства. Нельзя ссылаться на то, что у растений есть особые свойства, которых нет в неживой природе. Живые организмы не могут создать то, чего нет в природе. Они могут только собрать и использовать то, что заложено в общих свойствах Мира. Эти свойства должны быть, следовательно, и в неживой природе. Их надо искать именно здесь, где можно пользоваться методикой точных наук и опереться на их огромный опыт познания" [Козырев, 1975, с. 2-3]. "Результаты опытов показывают, что организующее начало, которое вносит активное свойство времени, оказывает на системы влияние очень малое в сравнении с обычным разрушающим ходом развития. Поэтому, не удивительно, что это жизненное начало было пропущено в системе наших научных знаний. Но будучи малым, оно в природе рассеяно всюду и поэтому необходима только возможность его накопления, подобная той, при которой малые капли воды, падающие на обширные области, поддерживают непрерывное течение могучих речных потоков. Такая возможность осуществляется в организмах, поскольку вся жизнедеятельность противодействует ходу разрушения систем" [Козырев, 1982, с. 71].

Живые организмы по Козыреву могут быть и источниками и детекторами субстанционального потока [Дангаков, 1984; Дангаков, Еганова, 1987].

В.В.Насонов, развивая идеи Н.А.Козырева, прямо указывал, что спиральные молекулы белков чувствительны к плотности потока времени.

Сопоставляя идеи Э.Бауэра и Н.Козырева, можно предположить, что поток времени Н.Козырева представляет искомый источник структурной неравновесности Э.Бауэра для живых организмов.

3. Чем же отличается живое от неживого?

В контексте обсуждения принципа устойчивого неравновесия отличие живого от неживого состоит в существовании в мире некоторой особой структурной энергии и в существовании у живого специфических способов ее использования.

Как отмечалось выше, необходимой предпосылкой действия принципа устойчивого неравновесия служит существование источника неравновесности, регламентирующего поступление в организмы свободной энергии пищи.

Попробуем на языке субституционного подхода, очень кратко описанного в предыдущем параграфе, более конкретно (а значит,

и более уязвимо) выразить гипотезу Э.Бауэра. Подробное изложение субституционного подхода к описанию естественных систем содержится в работах А.П.Левича [1989 а, 1989 б]. Термин "метаболический" (подход, время и т.д.) из этих работ в настоящем тексте заменен термином "субституционный". Нам понадобятся четыре положения:

1. На всех уровнях иерархического строения естественных систем происходит генеральный процесс замены элементов, составляющих систему.

2. На некоторых уровнях иерархического строения систем существуют субстанциональные потоки, порождающие генеральные процессы в системе.

3. Среди глубинных генерирующих потоков содержится и субстанциональный поток, порождающий течение времени во вселенной.

4. Жизнь связана с возможностью аккумулировать и использовать неравновесность потоков уровней строения систем более глубоких, чем уровень молекулярный. В частности, возможно, и того уровня, поток элементов которого порождает течение времени.

5. Индивидуальное существование организмов состоит в исчерпании запаса субстанций тех потоков, что генерируют жизнь.

Первые три постулата взяты непосредственно из субституционного подхода. Они задают контекст для перехода к описанию живых систем и эквивалентны той части принципа Бауэра, где говорится о необходимости неравновесности при описании жизни.

Четвертый постулат вводит в субституционный подход специфику живых систем и соответствует утверждению о недостаточности энергетического пищевого обмена для создания потенциала неравновесности структурной энергии живой материи. Справедливость пятого постулата обосновывается в первую очередь аргументами Э.Бауэра [Бауэр, 1935, с. 130-133], и современными данными [Зотин, Алексеева, 1984] о существовании константы Рубнера.

Естественным образом возникает много вопросов и комментариев по поводу приведенной "колбовой" модели жизни. Но на нынешнем этапе ее развития главным, пожалуй, было бы детектирование и идентификация гипотетических потоков, генерирующих неравновесность живых систем. Именно поэтому в предыдущем разделе уделено внимание работам Н.А.Козырева и его последователей. Если обнаружение или взаимодействие не окажется артефактом, то оно может оказаться проявлением потоков, которые необходимы в качестве источников неравновесности как для биологических принципов Бауэра, так и для тезисов субституционного подхода.

4. На пути к динамической теории

Вернемся к задаче о возможных путях описания законов движения живой материи.

Субституционная конструкция времени предлагает для динамической теории:

- элементарный объект – систему с несколькими иерархическими уровнями, например, конкретный организм;
- пространство состояний – естественную иерархию, частью которой является данный объект, например, биологическую иерархию: ...молекулы, клетки, организмы, популяции, сообщества, биосфера...;
- унификацию способов изменчивости естественных систем – замены элементов на уровнях строения объекта;
- метаболические часы – количество замененных элементов некоторого эталонного объекта.

Для перехода к уравнениям метаболического движения необходимо некоторое обобщение субституционной конструкции. И дело здесь в том, что при формализации естественные системы обычно описываются структурированными множествами. Так, экологическое сообщество из особей различных видов удобно описывать структурой множества с разбиениями, где классы разбиения соответствуют слагающим сообщество популяциям. Понятие близости-удаленности точек в эмпирическом пространстве описывается топологической математической структурой. Совокупность состояний атома можно описать векторами бесконечномерного гильбертова пространства или равносильным образом – полем бесконечных матриц.

Применение именно структурированных множеств особенно важно для систем, составленных из нескольких сортов элементов или из подсистем одного иерархического уровня. К таким системам относятся все биологические системы. Например, жизнедеятельность клетки связана с заменами молекул многих химических элементов, скорости обмена которых весьма различны. В качестве метаболических часов клетки может быть выбран, так называемый, "лимитирующий" элемент или сумма молекул всех сортов, что удобно в одних и не подходит для других случаев. Клетки организма дифференцированы и скорости замены клеток различных тканей, подсистем или органов совсем неодинаковы. Таким образом, замены каких клеток – эпителиальных, нейронов, или эритроцитов – отсчитывают биологический возраст животного?

Субституционный подход подразумевает умение подсчитывать количество элементов в объектах. Поэтому при использовании субституционного подхода для множеств со структурой требуется обобщение на них понятия "количество элементов". В математике создан язык для описания произвольных структурированных множеств. Это теория категорий и функторов.

Обобщение понятия "количество" на структурированные множества приводит от кардинальных (в частности, натуральных) количеств к структурным числам. Однако структурные числа лишь частично упорядочены. Дальнейшее обобщение количественных характеристик на языке теории категорий приводит к методу функторного сравнения структур [Левич, 1982; 1989 б, 1991]. Функторные инварианты структурированных объектов позволяют пред-

ложить L-компонент динамической теории. Этот компонент формулируется в виде экстремального принципа [Levitch, 1988; Левич, 1991]: из заданного состояния X системы осуществляется переход в то состояние A, для которого энтропия $H^*(A)$ максимальна в пределах, допускаемых доступными системе ресурсами среды. Энтропия систем вычисляется через функторные инварианты структуры системы. При известном функционале – энтропии – вариационные процедуры позволяют вывести уравнения и траектории обобщенного движения системы.

В силу экстремального принципа значение энтропии системы не убывает вдоль реальных траекторий системы. То есть последовательность реальных состояний, или естественная эволюция системы упорядочена значениями ее энтропии. Таким образом, энтропия играет роль параметрического времени системы, монотонного относительно ее метаболического времени. Наряду с метаболическим временем энтропия может формировать T-компонент теории.

Пример приложения описанной методологии к получению динамических уравнений в экологии сообществ подробно разобран в предшествующих работах автора [Левич, 1980; 1982; 1989 б; 1991; Levitch, 1988].

ЛИТЕРАТУРА

- Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.–Л.: Изд. ВИЭМ, 1935. 206 с.
Время и современная физика. М.: Мир, 1970. 152 с.
Данчаков В.М. Некоторые биологические эксперименты в свете концепции времени Н.А.Козырева//И.А.Еганова. Аналитический обзор идей и экспериментов современной хронометрии. Новосибирск, 1984. Депонировано ВИНТИ. №6423–84. С. 99–134.
Данчаков В.М., Еганова И.А. Микрополевые эксперименты в исследовании воздействия физического необратимого процесса. Новосибирск, 1984. Депонировано ВИНТИ. №8592–В87. 110 с.
Дриш Г. Витализм. М.: Наука, 1915. 279 с.
Зотин А.И., Алексеева Т.А. Константа Рубнера как критерий видовой принадлежности жизни//Физиол. ж. 1984. Т. 30. №1. С. 59–64.
Козырев Н.А. Источники звездной энергии и теория внутреннего строения звезд//Известия крымской астрофизической обсерватории. 1948. Вып. 1. С. 1–43.
Козырев Н.А. Теория внутреннего строения звезд и источники звездной энергии. Ч. 2.//Известия Крымской астрофизической обсерватории. 1950. Вып. 6. С. 54–83. 83.
Козырев Н.А. Причинная или несимметричная механика в линейном приближении. Пулково. 1958. 88 с.
Козырев Н.А. Причинная механика и возможности экспериментальных исследований свойств времени//История и методология естественных наук. Вып.2. Физика. М.: Изд. МГУ, 1963. С. 95–113.
Козырев Н.А. Человек и природа//Архив Н.А.Козырева. Пулково. 1975.
Козырев Н.А. Астрономические наблюдения посредством физических свойств времени//Вспыхивающие звезды. Ереван. 1977. С. 209–227.
Козырев Н.А. Время как физическое явление//Моделирование и прогнозирование в биоэкологии. Рига: ЛатГУ, 1982. С. 59–72.
Левич А.П. Структура экологических сообществ. М.: Изд. МГУ, 1980. С. 181.

Левич А.П. Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М.: Изд. МГУ, 1982. С. 190.

Левич А.П. Метаболическое время естественных систем//Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1988, 1989 а. С. 309-325.

Левич А.П. Время как изменчивость естественных систем и как способ ее параметризации. Рукопись депонирована ВИНТИ. № 7599-В89. М.: ВИНТИ, 1989 б. С. 101.

Левич А.П. Энтропийная параметризация изменчивости естественных систем//Системные исследования. Ежегодник 1990. М.: Наука, 1991.

Уитроу Дж. Естественная философия времени. М.: Прогресс, 1964. С. 431.

Харленд У.Б., Кокс А.В., Ллевеллин П.Г. и др. Шкала геологического времени. М. 1985. С. 139.

Levitch A.P. What are the Possible Theoretical Principles in the Biology of Communities?// "Lectures in theoretical biology". Tallinn: Valgus, 1988. P. 121-128.

Poincare M. "La Mesure de Temps"//Revue de Metaphysique et de Morale. 1898. V. VI. P. 1-13 (см. кн.: Принципы относительности. М.: Атомиздат, 1973. С. 12-21).

ТЕОРИЯ, ВЕДОМАЯ ПРАКТИКОЙ, ВСЕГДА ЗАХОДИТ В ТУПИК

А.Н. Мосолов

На основе анализа теоретических подходов в творческом наследии Э.С.Бауэра (1935) можно дать конкретное определение теоретической биологии. По моему мнению, теоретическая биология – это движение мысли, свободной от оков экспериментальных факторов. Это – антитрадиционализм и интеллектуальная деятельность, направленная на постоянный процесс разрушения доминирующих парадигм.

Прежде, чем говорить о теоретической биологии как о науке, необходимо определить понятие "наука". С моей точки зрения, наукой можно назвать только ту отрасль творческой человеческой деятельности, которая обладает предсказательной силой или претендует на это в процессе добывания нового знания. Подтверждение и познание уже известных научных истин, чем и занимается большая часть людей, занятых в науке, не является наукой.

Наука развивается до тех пор, пока идея главенствует над фактом и противостоит "очевидному". Когда же "его величество факт" начинает давить над идеей и жестко ее контролировать, развитие науки останавливается. В основе этого, казалось бы, парадоксального явления лежит скрытый, встречный, почти патологический процесс активного подтягивания неадекватных методов исследования для всесторонних доказательств общепринятой концепции. В связи с этим, теоретическая биология всегда была, есть и будет отмечена печатью трагизма для ее создателей. Они не способны на компромиссы и восстанавливают против себя почти всех "истинных" служителей науки.

Начиная с гелиоцентрической концепции Н.Коперника, наиболее ярко проявилось это общее правило, когда практика, эксперимент уводят от истины, препятствуют ее правильному пониманию, встают

на защиту ошибочных "птоломеевских истин". Когда же еретик-одиночка, выдвигая новую идею, восстанавливает приоритет мысли, начинается второй этап – борьба с крамольной идеей. Эта трудная и длительная борьба завершается, как правило, утверждением и господством новой идеи, что знаменует собой ее устаревание и последующую гибель. Таков путь науки, если она развивается, а главное условие ее развития – приоритет мысли.

Главная проблема, которая интересовала Э.С.Бауэра при разработке принципов теоретической биологии, – это поиски сходства и кардинальных отличий живых систем от неких аналогов неживой природы. С моей точки зрения, в наши дни лучше всего можно приблизиться к этому пониманию в процессе моделирования новейших технических устройств по образу и подобию живых систем и обратно.

В качестве удобного примера для взаимной оценки можно взять принципы организации генетического аппарата высших и принципиальную схему компьютера. На основе критической оценки управляющих систем живой и неживой природы рискуем также дать прогнозы развития компьютеров будущих поколений.

Используем также принципы Бауэра для анализа современного состояния и дальнейшего развития науки в области пространственно-временной организации генетического аппарата высших организмов и проблемы механизмов морфогенеза.

В качестве примера нетрадиционного подхода в решении проблемы структурно-функциональной организации генетического аппарата эукариотов представим результаты исследований клеточного ядра и хромосом, проводимых нами с 1965 г. Причем всегда мы начинали исследование с теоретических разработок, направленных на полное отрицание общепринятого.

I. Принципы устройства живой системы в сравнении с ЭВМ

В настоящее время много говорят и пишут об ЭВМ и кибернетических устройствах будущего, использующих принципы, аналогичные тем, что имеются в живых системах. Такие ЭВМ будущего даже называют бионическими, молекулярно-биологическими и т.д.

Однако ни в одной из таких работ не приводится конкретных примеров. Оно и понятно, поскольку главная структура, с которой можно моделировать кибернетические устройства будущего, это генетический аппарат клеток высших организмов – эукариотов. Эпохальные успехи молекулярной биологии и молекулярной генетики сделаны главным образом на микроорганизмах. Генетический же аппарат высших до сих пор во многом остается загадкой. Открыты лишь общие принципы его организации. До создания единой концепции устройства генома высших еще далеко.

Вместе с тем, небезынтересно и даже, возможно, полезно осуществить попытку критического анализа и синтеза существующих на сегодняшний день гипотез, концепций и экспериментальных фактов об устройстве генетического аппарата высших с точки зрения аналогии его систем с ЭВМ и кибернетическими устройствами настоящего и будущего.

По моему мнению, такой синтез может быть взаимно полезным. Биолог проверит и определит верность своих представлений с точки зрения инженерной и математической логики. Специалист по вычислительной технике и кибернетическим устройствам, возможно, обнаружит в биологических системах принципы, которые окажутся полезными при конструировании ЭВМ будущего. Такое предположение вполне закономерно, поскольку живые организмы до сих пор остаются непревзойденными с точки зрения их экономичности, надежности и адаптивности.

Начнем с аналогии в строении и функциональной организации живой системы и ЭВМ. Прежде всего необходимо определить, что такое "живая система".

Оказывается, сегодня это сделать труднее, чем сто лет назад, когда достаточно было сказать: живое от неживого отличается наличием процессов ассимиляции и диссимиляции. Сейчас этих двух "магических" слов явно недостаточно, поскольку современная наука вплотную подошла лишь к пониманию нашего всеобщего непонимания этой проблемы. И так будет продолжаться еще некоторое время, когда с развитием науки и техники от нас будет ускользать четкая граница между живым и неживым.

Сейчас мы больше чувствуем, чем понимаем это отличие. Но все же существует ряд формулировок "что есть жизнь", приближающихся к истине. Используем одну из них. Она гласит, что жизнь

Структура	Основные функции				
	воспроизведение информации и структуры	обработка информации и создание адаптивной программы	регенерация	самоорганизация	эволюция
Энергия					
Информация					

а)

Структура	Основные функции		
	воспроизведение информации	обработка и создание информации	аналогичная регенерация
Энергия			
Информация			

б)

Рис. 1. Общие принципы организации живой системы в сравнении с ЭВМ:

а) живая система – самовоспроизводящаяся кибернетическая система, способная к реализации хранимой программы и к созданию и использованию в течение жизни новых адаптивных программ для обеспечения жизни в чреде поколений;

б) ЭВМ

(живая система) есть система, организующая взаимодействие "святой троицы": материи (структуры), энергии и информации. Взаимодействуя, они организуют многочисленные функции, присущие любой живой системе. Главные из этих функций: самоорганизация, регенерация (саморемонт), воспроизведение, эволюция. При сравнении этой простейшей схемы живой системы с ЭВМ можно обнаружить, что последняя обладает рядом качеств, присущих живой системе (рис. 1).

II. Структурно-функциональная организация генетического аппарата в сравнении с ЭВМ

Как известно, запись различных видов информации в ЭВМ основана на дихотомии, т.е. на принципе выбора между "да" и "нет", взятом из двоичной арифметики. На современном уровне развития ЭВМ и других кибернетических устройств двоичный принцип записи информации имеет безусловное преимущество над другими видами кодирования и широко используется.

Но если обратиться к живым системам, то окажется, что все они в глобальном масштабе от микробов до человека в настоящее время используют для записи информации не двухбуквенный, а четырехбуквенный код. Почему же живая природа не воспользовалась не двоичной (как в современных ЭВМ) и не десятичной (как в арифметике), а четверичной системой записи информации?

По нашему мнению, это произошло по следующим причинам. Как известно, носителем информации в живых системах являются макромолекулы нуклеиновых кислот. Следовательно, принятие десятичной системы привело бы к значительному усложнению химического строения носителя информации. Потребовалось бы не четыре, как сейчас, а десять различных нуклеотидов-символов. Последнее обстоятельство резко бы снизило надежность наследственной программы живых систем.

С другой стороны, двоичная система по всем параметрам имеет преимущества перед четверичной — это простота и надежность. Но почему жизнь ею также не воспользовалась? А, возможно, и воспользовалась, но впоследствии отказалась по какой причине? По нашему мнению, таких причин две.

Линейные размеры носителя информации, записанной двоичным кодом, будут, по крайней мере, на один порядок длиннее, чем запись того же текста четырехбуквенным кодом. Не исключено, что природа первоначально воспользовалась двоичным кодом, как более простым и надежным. При этом появились первые одноклеточные организмы, сходные по строению с современными бактериями, которые, однако, были в десять раз больше своих потомков. Затем появились типичные клетки и первые многоклеточные гиганты, которые также были на порядок больше по размерам.

Можно предположить, что жизнь с кодированием наследственной программы на основе двоичной системы возможно медленно, но неуклонно развивалась, плодя гигантов. На определенном этапе эволюции появляется четверичная система кодирования генов, которая выявила недостатки двоичной системы. Первый недостаток — невозможность дальнейшей миниатюризации при значительном увеличении количества и размера генов на организм. Можно сказать, что с подобной проблемой сейчас сталкиваются создатели микропроцессоров на кремниевой основе. Уже достигнуты пределы емкости памяти. Второй недостаток — слишком высокая надежность системы при функционировании и воспроизведении наследственной программы. При этом отсутствие достаточного количества ошибок не давало требуемой скорости эволюции живых систем. Медленно эволюционировавшие гигантские папоротники и гигантские ящеры, по нашему мнению, были стремительно (в геологических масштабах) вытеснены более компактными организмами с кодированием генов на основе 4-буквенного алфавита.

Чтобы представить себе преимущества кодирования информации на 4-буквенной основе, достаточно привести один пример. Наследственная программа человека (вершины эволюции) имеет линейные размеры всего около 1,8 м. Две ее копии свободно умещаются в клеточном ядре диаметром всего 10 мкм!

Как же организован генетический аппарат высших организмов? Обычно, когда речь заходит о генетическом аппарате, имеют в виду лишь наследственную программу. Но это также неправильно, как если бы мы говорили об ЭВМ, а имели в виду лишь ее хранимую программу в ОЗУ [Мосолов, 1980].

Сейчас во многих развитых странах активно разрабатывается программа "Геном человека". Это грандиозное и заманчивое предприятие, по моему мнению, начато не с того конца. Общепринятое на сегодняшний день подходы в реализации этой программы приведут лишь к тому, что будет локализовано несколько тысяч генов в хромосомах. Но механизмы их реализации в пространстве организма опять останутся черным ящиком.

Генетический аппарат — это довольно сложная система, имеющая целый комплекс обслуживающих механизмов. Поэтому полезно рассмотреть общие принципы организации генетического аппарата в сравнении с общими принципами организации ЭВМ (рис. 2).

Прежде всего в составе генетического аппарата следует отметить наследственную программу (1), которая записана на химическом жидкокристаллическом носителе — молекуле ДНК с помощью четверичного кода. Это — консервативная наследуемая память, которая аналогична хранимой программе ЭВМ. Когда Д. фон Нейман предложил "принцип хранимой программы" для ЭВМ, он, по-видимому, не предполагал, что занимается бионикой, т.е. моделированием того, что имеется в живой природе. Именно поэтому принцип хранимой программы в конструировании ЭВМ стал одним из основных, определяющих качество машины.



Рис. 2. Структурно-функциональная организация генетического аппарата (а) в сравнении с ЭВМ (б)

Следующим компонентом генетического аппарата является механизм оперативной памяти (2). Это тот самый механизм, который позволяет как отдельной клетке, так и многоклеточному организму накапливать информацию о встречах с различными факторами внешней среды. Короче говоря, это память о событиях, т.е. механизм, фиксирующий опыт жизни, который, как правило, не переходит в наследственную программу и не передается по наследству. У высших многоклеточных организмов к этому механизму добавляется надстройка — нервная клетка (нейрон) и мозг, а также малый лимфоцит с его иммунологической памятью.

В настоящее время проводится огромное количество исследований по поиску вещества памяти мозга в цитоплазме нейрона. По моему мнению, это большое заблуждение, связанное с общим непониманием того, что представляет собой генетический аппарат. Это непонимание привело к тому, что оперативную память нейрона ищут (и даже "находят") в его цитоплазме на различных химических носителях (белки или РНК). По моему мнению, это так же абсурдно, как поиск вещества наследственности не в ядре, а в исполнительном органе клетки — цитоплазме.

В нейроне, а, значит, и в мозге, существует лишь одна структура, способная к записи, хранению и воспроизведению оперативной памяти. Это генетический аппарат, в котором за счет дифференцировки и специализации активирован и гипертрофирован механизм оперативной памяти и частично отключен механизм наследственной памяти. Не случайно нейрон с активной оперативной памятью утрачивает способность к размножению.

Если наши представления о том, что запись памяти нейрона и мозга осуществляется на жидкокристаллическом носителе — молекуле ДНК — верны, то это означает, что охлаждение до низких температур должно приводить к полному стиранию оперативной памяти. Видимо не случайно хорошо переносят замораживание лишь насекомые, которые почти не обладают оперативной памятью, и ряд других многоклеточных, включая рыб, для которых оперативная память (обучение) не имеет решающего значения для осуществления жизненных функций. Млекопитающие и человек, индивидуальная жизнь которых в значительной мере опирается на информацию из оперативной памяти мозга, не могут пока себе позволить сохраниться путем замораживания. Не исключено, что теплокровность была изобретена природой не только для расширения возможностей гомеостаза, но и для сохранения оперативной памяти (опыт жизни индивидуума) для последующего ее накопления и совершенствования в поколениях. Аналогом оперативной памяти у ЭВМ является вводимая программа.

Все эти наши измышления в отношении оперативной памяти нейрона, кажущиеся пока крамольными, наводят на мысль о том,

что качество мозга, по-видимому, зависит не столько от количества извилин и размеров мозга, сколько от полноценности наследственной программы и степени плоидности ядер нейронов. Это можно проверить на лабораторных животных, вводя в период их эмбрионального развития вещества, стимулирующие полиплодию нейронов.

Следующим механизмом генетического аппарата является одна из главных обслуживающих систем — механизмы декодирования и копирования программ (3, 4). Обычно считается, что живые системы являются обладателями только одного механизма декодирования по известной схеме ДНК → РНК → белок. Этот механизм является химическим. Кроме этого, мы предполагаем наличие еще одного механизма декодирования — физического, поскольку считаем, что на линейной молекуле ДНК за счет чередований участков ее конденсации в пакеты может быть осуществлена физическая запись информации, в основе которой — механические колебания.

Почему мы настаиваем на существовании такого механизма памяти? Дело в том, что до сих пор неизвестна природа записи наследственной информации о трехмерной пространственной организации многоклеточного организма и механизма ее реализации. Известно, что эта память находится в хромосомах, т.е. в ДНК, что подтверждается генетикой, являющейся пока единственной относительно точной наукой в области биологии. Необходимы новые концепции механизмов морфогенеза, которые бы описывали его как независимый, высоконадежный и экономичный процесс.

По нашему мнению, локальные конденсаты ДНК являются своеобразными вибраторами, а декодирование информации о пространстве организма на основе таких многочисленных источников колебаний по существу есть реализация акустической голограммы [Мосолов, 1971; 1972; 1980].

Как известно, Норберт Винер предполагал, что носителем памяти нервной системы, как и памяти генов, являются нуклеиновые кислоты. Он считал, что в будущем ввод и вывод этой информации смогут осуществлять "...посредством световых колебаний определенных молекулярных спектров". По нашему мнению, ввод и вывод памяти в вышеуказанных системах скорее всего будет осуществляться на основе резонансных акустических взаимодействий. Фактически стихийно это уже давно делается с помощью речи и музыки. С нашей точки зрения, композитор, творчески сочиняющий музыку, осуществляет декодирование акустических генов в нейронах собственного мозга.

Мне кажется, что как ввод-вывод информации, так и осуществление действий на основе системы механических колебаний являются оптимальными в смысле простоты, экономичности и надежности. Резонансные взаимодействия, по-видимому, основной принцип деятельности механизмов в живых системах, поскольку на основе резонанса могут осуществляться как регуляция действия, так и само действие. И все это — на основе сверхчувствительных

регуляторов, при минимальных затратах времени и энергии и чрезвычайной специфичности осуществления астрономического количества реакций в их строгой временной последовательности. В связи с этим мы настаиваем на наличии в составе генетического аппарата механизма (5) биологических часов [Мосолов, 1985]. До сих пор существует множество теорий о месте биологических часов в клетке и организме. Учитывая исключительную роль временных процессов в функционировании биологических систем, можно думать, что основные биологические часы обязательно входят в состав генетического аппарата. Механизм репарации (6) — осуществляет текущий ремонт в структурах генетического аппарата. Его аналогов в ЭВМ пока нет. Механизм рекомбинации (7) осуществляет в генетическом аппарате обработку существующей и создание новой информации. В ЭВМ аналоги есть, но на примитивном уровне. Механизм сегрегации (8) осуществляет разделение копий генетического аппарата по дочерним клеткам. Аналогов в ЭВМ не имеет.

III. Биофизические механизмы морфогенеза с позиций пространственной организации генетического аппарата

Успехи в изучении структурно-функциональной организации генетического аппарата высших многоклеточных организмов открывают дополнительные возможности решения одной из старейших проблем биологии — проблемы механизмов морфогенеза.

Отправной точкой нашей концепции механизмов морфогенеза является постулат о единстве и постоянном взаимодействии трех узлов информации в сложном многоклеточном организме: *генома* в ядре соматической клетки, *клеточных ассоциаций* в тканях и органах и *центральной нервной системы* во главе с мозгом.

В этой проблеме самым темным местом являются пока знания о структурной организации и механизмах функционирования генетического аппарата в ядре. Мы уверены, что именно недостаток знаний в области пространственной организации генетического аппарата в ядре является главной причиной, сдерживающей резкий прорыв в таких областях, как механизмы иммунологической памяти, механизмы морфогенеза и механизмы работы мозга.

О скудности знаний в области пространственной организации генетического аппарата в ядре эукариотов на фоне эпохальных достижений молекулярной биологии, сделанных на прокариотах, свидетельствует, по нашему мнению, так называемая "проблема избытка ДНК в геноме высших организмов". Если же обратиться к истории биологии, то можно заключить: "проблемы избытка" и "рудиментов" порождаются недостатком знаний. Термин "избыток ДНК" свидетельствует и об одностороннем подходе к проблеме. Это понятие возникло как результат чисто химического подхода к проблеме функционирования ДНК у высших многоклеточных эукариотов. При сравнении, например, бактериальной

клетки и клетки человека оказывалось, что по количеству ферментов и других биологических макромолекул эти далекие виды мало отличимы. Однако в ядре соматической клетки человека содержание ДНК в среднем на 3 порядка выше, чем у бактерий. Вот на такой примерно "основе" и рождаются всевозможные варианты "проблемы избытка ДНК" у высших многоклеточных. А если пойти далее в этом направлении и сравнить элементарный химический состав бактерий и клетки человека? Результат заранее ясен. Бактерия и человек окажутся различающимися лишь количественно. Главная причина возникновения таких "проблем", по нашему мнению, состоит в том, что в ДНК, как правило, видят лишь носителя информации о химии клетки и забывают об огромной роли ДНК в процессах управления многоклеточным организмом, о ее повседневной, ежесекундной физиологической роли. Результаты генетического анализа свидетельствуют о том, что в ДНК записана также информация, определяющая пространственную организацию тканей и органов многоклеточного организма. Классическая генетика подтверждает, что это именно так и есть. Ведь наследуются малейшие нюансы формы и взаимного расположения, включая знаменитый *угол челюсти*, по которому антрополог безошибочно определит, кому принадлежат ископаемые останки — обезьяне или гоминиду.

Если к проблеме функционирования генетического аппарата подойти не с общепринятой химической позиции, а с точки зрения пространственно-временного структурного принципа организации генетического аппарата эукариотов, то возникнет обратная проблема нехватки генов для выполнения всего комплекса реакций, обеспечивающих развитие и длительное высоконадежное физиологическое функционирование многоклеточного организма. В связи с этим, единственным выходом из проблемы может оказаться замена в эволюции *генов-иероглифов*, которые функционируют у прокариотов, на *гены-буквы* у многоклеточных эукариотов, которые в процессе развития и дифференцировки могут собираться в соматических клетках в ассоциации *генов-фраз* и *генов-текстов*. Например, в основе механизма дифференцировки гепатоцита лежит складывание генов-букв в "печеночный" текст, который наследуется потомками гепатоцита в митозе. Клетка эпителия желудка имеет свой "желудочный" текст и т.д. Если текст большой, что связано с выполнением сложной функции, то могут вырабатываться дополнительные "гены-буквы" за счет полиплоидии ядра. Поскольку сложный текст невозможно пронести через митоз, такие высокодифференцированные клетки не делятся (например, нейрон).

Подчеркивая идею о тесном участии генетического аппарата в постоянном физиологическом функционировании организма, мы должны исходить из положения о том, что геном должен обладать системой оперативного ответа. Общепринятое мнение о значитель-

ной инерционности генетического аппарата необходимо подвергнуть ревизии.

В биологии и медицине нередко бывает так, что вновь открытое нормальное явление, не типичное для сложившегося способа мышления, принимается за артефакт или патологию. Об этом полезно помнить. Наиболее распространенная точка зрения на функционирование генетического аппарата в ядре состоит в том, что деконденсированному эухроматину приписывается активная роль как матрицы для м-РНК. Компактный же гетерохроматин обычно считают инертной, выключенной из работы частью наследственной программы, хотя существует ряд фактов, находящихся в противоречии с этой точкой зрения. Мы считаем, что определенная часть компактного хроматина служит для обеспечения оперативного функционирования генома в процессе постоянной физиологической деятельности организма.

Предполагается, что код оперативной памяти имеет не химическую, а физическую (акустическую) природу, гены при этом организованы в гетерохроматиновые колебательные системы, имеющие в своем составе кроме рабочих генов, гены оперативного ответа, действующие на принципах резонансных взаимодействий. Мы считаем, что химический язык записи и воспроизведения биологической информации, безотказно действующий на довольно коротких, молекулярных расстояниях, может обеспечить формообразующие процессы только у одноклеточных форм жизни. У многоклеточных для этих целей природа воспользовалась физическими механизмами.

Для того, чтобы обеспечить все вышеуказанные функции, геном ядра соматической клетки, по нашему мнению, должен обладать не только средствами химической связи, которая в системе обратной связи (на этапе транскрипции и трансляции после активации гена) может оказаться довольно инертной, но обязательно и средствами оперативного взаимодействия системы "передатчик—приемник", использующей сигналы физической природы. Поскольку окружающая среда наводнена обилием сигналов электромагнитной природы, которые для живых систем могут являться побочными шумами, предполагается, что физические сигналы кода оперативной памяти основаны на высокочастотных колебаниях механической природы [Мосолов, 1971]. Как видим, уже в исходных предпосылках и в модели генетического аппарата как оперативной единице физиологического функционирования соматической клетки имеется ряд совершенно новых подходов.

Понятие существования для многоклеточного организма связано прежде всего с гомеостазом его внутренней среды. Гомеостаз обеспечивается клеточным взаимодействием для удержания клеточного сообщества в границах "нормы" — колеблющегося динамического постоянства всех систем организма. Смысл существования для отдельной клетки в многоклеточном организме состоит в ее постоянном взаимодействии с другими клетками

адекватно задачам многоклеточного организма. Обретая автономию или нарушая адекватность взаимодействия, клетка перестает иметь право на существование в организме и может рассматриваться как патологическая.

Организм – пространственно-временная многоклеточная система. В связи с этим в основе организма должна быть иерархия пространственно организованных систем управления. Высший, конечный отдел такой организации – мозг как пространственно-функциональная организация нейронов по типу организации генов в ядре любой специализированной соматической клетки (от ядра фибробласта до ядра нейрона).

Геном обеспечивает не только химическое проявление жизни (синтезы различных полимеров), но и пространственную организацию клеток, составляющих организм. Поэтому в основе организации клеточного ядра должна быть пространственная организация генов на его внутренней сфере.

Ядро, с нашей точки зрения, представляет собой полярную, асимметричную систему. К одному полюсу направлены все кинетохоры хромосом, объединенные в единый кольцевой комплекс. К противоположному полюсу направлены теломерные участки хромосом. Сами хромосомы в меридианной ориентации расположены на внутренней ядерной мембране. В данной модели меридианное расположение надо понимать как тенденцию при значительной степени свободы в распределении на мембране гетерохроматиновых блоков. Определенные виды гетерохроматина не являются блоками выключенных генов, а представляют собой элементы акустической голограммы, образующей соматическую оперативную память клетки и ткани. Гетерохроматин интерфазного ядра рассматривается как уникальная жидкокристаллическая колебательная система, наделенная способностью к восприятию первичного сигнала, формированию оперативной памяти и способная к адекватному ответу на повторный аналогичный сигнал (механизм адаптации).

Таким образом, оперативная память клетки заключена в гетерохроматиновых ячейках глобулярной ДНК и определяется их пространственной конфигурацией как специфических вибраторов. Ячейки-вибраторы оперативной памяти формируются в онтогенезе при тесном взаимодействии наследственной программы с факторами внешней среды в процессе развития и адаптации. Между гетерохроматиновым вибратором оперативной памяти и ее функциональным хроматином создаются ситуации резонансных взаимодействий, включающие или выключающие определенные гены долговременной памяти (хранимой программы), которые обеспечивают химическую часть программы жизни (синтез белков и т.д.).

Ядра клеток, составляющих ткани и органы, создают ансамбль, воспроизводящий акустическую голограмму – своеобразную пространственную симфонию многоклеточной системы организма и создающую его биологическое поле. Между гетерохроматиновыми вибраторами и эухроматиновой частью генома осуществляются резо-

нансные взаимодействия, приводящие к активации или выключению генов наследственной программы.

Как видим, высказываемые в общих чертах идеи имеют некоторые точки соприкосновения с понятием "биологического поля", впервые сформулированного и теоретически обоснованного А.Г.Гурвичем [1944]. Однако мы считаем, что электромагнитный язык биологического поля, о котором говорил А.Г.Гурвич, едва ли возможен в живых системах при наличии постоянных больших шумов электромагнитной природы окружающей среды. По-видимому, на ранних стадиях эволюции многоклеточных природа избрала акустический язык. По нашему мнению, биологическое поле многоклеточного организма есть акустическая голограмма, являющаяся результатом интегративного взаимодействия многочисленных акустических полей соматических клеток. Эти наши идеи [Мосолов, 1971, 1972] близки идее Е.А.Либермана [1989] о внутриклеточном квантовом компьютере.

Первичным механизмом, определяющим асимметрию многоклеточных организмов, может являться полярная асимметричная организация генетического аппарата соматических клеток. Механизмы морфогенеза базируются на трехмерной динамичной структурной организации генетического аппарата как на пространственной матрице. По существу, многоклеточный организм и его системы есть увеличенная проекция одной из динамичных пространственных форм генетического аппарата на многоклеточный уровень.

Реальные факты свидетельствуют о большом топологическом сходстве ряда органов человека и млекопитающих (лимфатические железы, почки, головной мозг, ранние стадии эмбрионального развития и т.д.), а также плодов растений и пространственных структур генетического аппарата соматических клеток. Не удивительно, что изображение поперечных срезов обычного огурца на слайде специалист по цитологии часто принимает за фигуры митоза. Эта ошибка связана не с низкой его компетентностью, а с главным механизмом и принципом морфогенеза. При этом органы и ткани животных, а также плоды растений формируются по "образу и подобию" структурной организации генетического аппарата. Образно говоря, генетический аппарат в процессе морфогенеза проецируется на внешность развивающегося организма. Фактически морфогенез — есть серия фракталов генетического аппарата, когда его фундаментальные пространственные структуры постоянно обнаруживаются в увеличенном виде в органах и тканях многоклеточного организма.

Вот почему мы обнаруживаем поразительное сходство в строении клетки в митозе и среза огурца, в строении плода томатов и лимфатического узла, в строении грецкого ореха и мозга млекопитающих. Вообще все первые фазы эмбрионального развития от морского ежа до человека есть не что иное, как повторение вариантов пространственной организации самого генетического аппарата.

По нашему мнению, именно с постулируемым выше процессом

морфогенеза связаны эффективные, но мало пока понятные методы диагностики и лечения внутренних заболеваний, заимствованные из народной медицины, по ушной раковине (аурикулодиагностика), по радужной оболочке глаза (иридотроника), по нёбу и т.д. Удивительны с точки зрения современного уровня знаний факты тесной функциональной связи определенных участков уха или глаза с определенными внутренними органами. Их рациональное объяснение в какой-то мере может быть осуществлено с точки зрения постулируемой нами биофизической концепции морфогенеза как стереометрии фракталов.

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод, что генетический аппарат как механизм получения и обработки информации о пространстве и времени окружающей среды сам является пространственно-временной структурой, в организме которой главенствующую роль несет мембранный аппарат. Все это нас не должно удивлять, поскольку информацию о пространстве проще всего записать и реализовать на пространственной трехмерной матрице.

На основе вышеописанных рассуждений сделаем наивную попытку определить возможные пути развития структурно-функциональной организации ЭВМ и других кибернетических устройств будущего, способных конкурировать с человеком в области творческой деятельности.

1. Переход с двоичной на четверичную систему записи и реализации информации.
2. Использование макромолекулярных полимерных структур в качестве носителя информации.
3. Запись и реализация информации не только на основе электромагнитных принципов, но и на основе акустохемотроники и резонансных взаимодействий.
4. Использование принципа асимметрии программ (конкурирующее взаимодействие программ).
5. Голографический принцип организации, где малая часть (микропроцессор) обладает полной информацией и функциями всей ЭВМ (по типу соматических клеток и нейронов высших многоклеточных организмов).
6. Пространственно-временной принцип организации по типу клеточного ядра, где несколько десятков тысяч микропроцессоров смонтировано на сферической матрице подобно репликонам генетического аппарата.

Безусловно, ЭВМ будут обладать способностью реализовать свои программы в пространственных структурах подобно тому, как это делает живой организм. Первый шаг на этом пути – компьютерная стереолитография – уже сделан. Однако этот метод примитивнее тех механизмов, которые реализуются в морфогенезе, поскольку пространственная задача при стереолитографии упрощается путем ее разделения на серию плоских фигур.

В будущем кибернетические устройства в промышленном производстве будут действовать так, как уже миллионы лет действует

жизнь. В биологическом производстве она объединяет в пространстве и времени три процесса: производство сырья, производство деталей и сборку готовой продукции. Это легко осуществляет любой организм, строя свое тело, начиная с одной клетки.

Некое подобие голографического принципа организации являются собой ЭВМ, созданные на основе принципа нейронных сетей. Однако нейронная сеть — лишь отдельная ячейка самовоспроизводящейся кибернетической системы, организованной на голографических принципах, каковой обладает любая многоклеточная живая система.

Читатель имел возможность неоднократно отметить явные противоречия, которыми буквально пропитана данная статья. В ней автор постоянно делает попытки дискредитировать экспериментальный факт, опыт, а сам опирается на факты в проведении и обосновании новых концепций. Да, признаюсь, это так. И в этом противоречии весь смысл и залог движения науки вперед, поскольку истина — дитя ошибок.

Теоретическая биология — это интуиция, не опирающаяся на известные теории и соответствующие им экспериментальные факты, а противоречащая им. История науки показывает, что чаще всего такие интуитивные всплески оказываются ошибкой. Лишь некоторые из них ведут науку вперед, поскольку между ними и официальной наукой идет жесткий процесс конкурентных взаимоотношений и дарвиновский отбор. Так противоречивый процесс селекции идей и борьбы между фактами и артефактами сопровождает движение науки вперед при добытии нового знания. Он высокотрагичен для людей, генерирующих эти идеи.

Основным сдерживающим фактором на этом пути является то, что новая идея рождается, как правило, не полностью свободной от оков предшествующего опыта. Мысль, находящаяся в рабском подчинении у факта, сама отклоняется от истины в сторону ошибочных теорий, поскольку не имеет других механизмов своей защиты и ориентации.

Новая мысль, даже самая крамольная, должна обладать презумпцией, истинности, с изначальным отношением к ней как к достоверной. Она не может быть дискредитирована на основе доказательств, идущих от старых идей и фактов. Такой подход необходим, чтобы не тормозить развитие науки.

Теоретическая биология имеет право претендовать на реальное существование как самостоятельная отрасль биологии, если она способна опережать, контролировать и направлять экспериментальную биологию, экономя время и материальные затраты. Практика не критерий истины, поскольку точных критериев нет вообще, а вспомогательный динамический механизм всегда предварительной ее оценки.

Цивилизация не полностью прекращает процесс естественного отбора в человеческой популяции, но делает его специфически направленным, в зависимости от социального строя. Причем параметры отбора уже не физические и не физиологические, как в

дикой Природе, а касающиеся поведенческих качеств личности и конформистских возможностей ее интеллекта. В результате самым счастливым и единственным привилегированным классом в науке являются дураки. Еще более усугубляет трагизм творческих одиночек то обстоятельство, что дурак в науке, как правило, вышестоящий и инициативный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М—Л., Изд. ВИЭМ, 1935.
2. Гурвич А.Г. Теория биологического поля. М.: Сов. наука, 1944.
3. Либерман Е.А. Квантовые молекулярные компьютеры//Биофизика. 1989. Т. 34. №5. С. 917.
4. Мосолов А.Н. Вибрационные процессы в клетке в период деления//Труды III Сибирской конференции "Радиоэлектроника, физика и математика в биологии и медицине". Новосибирск, 1971. С. 166.
5. Мосолов А.Н. Новые подходы к решению проблемы пространственного расположения хромосом в интерфазном ядре. Цитология. 1972. Т. 14: №5. С. 541.
6. Мосолов А.Н. Генетический аппарат эукариотов как единая динамическая система//Успехи современной генетики. М.: Наука, Вып. 9. С. 176.
7. Мосолов А.Н. Биологические часы — составная часть генетического аппарата клетки//Труды Всесоюзной конференции по хронобиологии и хрономедицине. Уфа. 1985. С. 87.

Э.С.БАУЭР И ФЕНОМЕН ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

А.И.Алешин

Величие и трагедию Э.С.Бауэра как ученого, причудливую историческую судьбу его детища — науки о законах движения живой материи — нельзя понять сколько-нибудь ясным образом вне контекста так называемого феномена теоретической биологии. Речь идет об особом идейно-смысловом образовании, властно определившим замыслы многих выдающихся биологов-теоретиков конца XIX — начала XX вв. Оно содержит в себе по меньшей мере два основополагающих допущения: идею концептуальной автономности биологии как науки о живом и идею строго номотетического характера теоретических понятий биологии. Остановлюсь на более подробном разъяснении как существа, так и исторического генезиса феномена теоретической биологии.

1. Феномен теоретической биологии и его истоки

Идея строго номотетической природы теоретических понятий биологии (по крайней мере, в качестве идеала) представлялась совершенно естественной для классического естествознания XIX в. Не чужда эта идея никоим образом и естествознанию XX в. Наиболее реальным способом обретения такой теоретичности представлялся путь, на котором под эмпирически описательные, качественно-классификационные понятия биологии удастся подвести стро-

гий физико-химический фундамент. По мере осуществления такой редукции облик наук о жизни должен был претерпеть коренное преобразование. Из наук эмпирически описательных, способных в лучшем случае на формулировку нестрогих качественных закономерностей, сложится знание, вполне отвечающее стандартам научности, уже получившим свое воплощение в области физикохимии.

Правомерность механицистской программы отрицалась рядом биологов. Их критическая аргументация большей частью предполагала наличие таких особенностей в природе жизненных явлений, которые не поддаются передаче на языке наук о "мертвой природе". Таким образом, наиболее естественный путь обретения науками о жизни нового (последовательно номотетического) облика предполагал концептуальную *несамостоятельность* биологии (механизм). Хотя в комплексе своих свойств живое и неживое существенно различны, но это различие вполне выразимо внутри *единых* (общих для живой и неживой природы) систем понятий точного естествознания.

В конце XIX в. Г.Дриш, опираясь на собственные экспериментальные исследования в области биологии развития, выдвигает концепцию *нового* витализма. В этой концепции постулируется существование неразложимого, неделимого начала – энтелехии, но при этом ее трактовка призвана быть вполне совместимой с теми логическими и теоретико-познавательными требованиями, которые предъявляются к естественно-научным понятиям. Более того, признанию фундаментальной онтологической специфики жизни активно препятствует именно традиционная приверженность биологов к эмпирико-описательному, нетеоретическому языку биологии (языку "коллективных понятий" по выражению Г.Дриша). Напротив, не архаическая ("догматический материализм"), а современная эпистемология, "теория науки", по убеждению Г.Дриша – необходимое условие для формулировки самой *научной* возможности витализма и более того – серьезный довод в его пользу. Вкратце интересующая нас сторона аргументации Г.Дриша в пользу его концепции теоретической биологии может быть представлена следующим образом. "В то время, как эмпирическое исследование большей частью заканчивается созданием коллективных понятий и правил, теоретическая мысль выделяет аналитическим путем и создает из них синтетически *искусственные понятия*; теоретические *законы* относятся именно к этим понятиям."

В области учения о тяготении, законы Кеплера являются коллективными положениями, Ньютоновы формулы – теоретические законы. Между ними стоит искусственное понятие "потенциала", последними элементами являются элементы механики" [1, с. 195–196]. Для Г.Дриша принципиально важен вопрос: допускают ли биологические явления создание "теории в нашем смысле этого слова, т.е. может ли дойти исследование до последних элементов и возможно ли образовать из последних искусственные понятия" [1, с. 196].

Итак, именно Г.Дришу принадлежит первое исполнение замысла теоретической биологии, для которого характерно органическое единство двух требований (допущений): строго *номотетический* характер биологической концепции (система законов, формулируемых на языке "искусственных понятий" и дедукция из них "коллективных положений и правил" эмпирико-описательных дисциплин) и *концептуальная* самостоятельность биологии. Последнее означает, что базовые, элементарные начала ("последние элементы" концепции не поддаются ни частичной, ни тем более полной редукции и понятиям физики и химии. В таком виде биология должна обрести облик строго теоретического знания, автономного в системе естествознания. В то же время Г.Дриш озабочен тем, чтобы не внести противоречия в общую систему познания природы. Энтелехия, по его убеждению, вполне согласуется с фундаментальными принципами естествознания [1, с. 254–275]. Его пафос состоит не в утверждении некоей метафизической, неподвластной научному постижению сущности, но в старательных разъяснениях *гносеологического* тождества понятий типа "сила", "потенциальная энергия" в физике и "энтелехия" в биологии*. Все они не обозначения для эмпирически представленных сущностей, но реальности в мире "теоретически мыслимого", собственно *теоретические* понятия. Поэтому жизнь "при помощи понятия "энтелехия", также точно "понимаема", как неорганическая природа при помощи понятий "энергия", "сила", "масса" и т.п. Другого вида объяснения вообще не существует" [1, с. 272]. Философская искушенность Г.Дриша, чуткость его к гносеологической стороне дела сыграла исключительно важную роль в общей аргументации в пользу "нового витализма"**. Об этом свидетельствует и он сам, когда заявляет, что "гносеология дает нам непосредственное право ввести энтелехия в науку, что витализм как бы вытекает из самой организации мышления" [1, с. 264]. Если новый витализм Г.Дриша не был принят научным сообществом,*** то проблема теоретической биологии в его трактовке положила начало устойчивой традиции,

* Обосновывая гносеологическую однопорядковость этих понятий, Г.Дриш не придавал должного значения тому, ясно формулируемому им обстоятельству, что энтелехия не может быть измерена, т.е. не является величиной подобно "силе", "массе", и пр. В этом Г.Дриш видел всего лишь онтологическое различие между физическим и биологическим, но оно имеет и убийственный для него гносеологический смысл. Теория, построенная на основе таких понятий, в лучшем случае окажется чисто натурфилософским, а не естественно-научным построением. Так оно и случилось, во всяком случае, с самим Г.Дришем.

** К сожалению, из-за недостатка места я не могу рассмотреть этот вопрос сколько-нибудь подробно.

*** Необходимо отметить, тем не менее, что он и прямо, и косвенно сказался на биологии XX в., не говоря уже о творчестве его известных последователей, например А.Г.Гурвича и др., развивавших и эпистемологические взгляды Г.Дриша. Несмотря на существенное различие позиций Г.Дриша и позднего Гурвича, близость в гносеологическом отношении налицо.

дожившей до наших дней. Она и составляет существо так называемого *феномена* теоретической биологии. Суть этой своеобразной и сильной веры, захватившей определенную часть биологов, составляет убежденность в том, что теоретическая биология должна иметь строго номотетический характер и быть концептуально самостоятельной системой утверждений. Для адептов этой веры ни дарвинизм, ни генетика не являются сколько-нибудь удовлетворительным воплощением этого представления о теоретической биологии. Не являясь строго номотетическими построениями, они базируются на качественно-классификационных понятиях и достаточно определенным образом демонстрируют свою зависимость от прогресса наших знаний в области физико-химических основ жизни.

Творческие условия Э.С.Бауэра буквально с самого начала его научной деятельности направлены на реализацию идеи теоретической биологии, *заданной* только что рассмотренным кругом идей.

2. Теоретическая биология Э.С.Бауэра

Разделяя оба основных допущения, определяющих характер проекта теоретической биологии (если угодно, формулирующих теоретико-познавательные критерии, удостоверяющие, выполнен он или нет), Э.С.Бауэр [2, 3] решительно расходится с Г.Дришем и его последователями относительно *природы* автономности биологических явлений. Для него неприемлем витализм в любой, смягченной или несмягченной форме. Мысль Э.С.Бауэра направлена не на поиск элементарных специфических для жизни начал, но на поиск универсального закона (принципа), задающего специфическое жизненное состояние в предельно общей форме. Этот принцип должен отвечать всем теоретико-познавательным требованиям, предъявляемым к теоретическим законам *точного* естествознания. В свою очередь это предопределило то, что формулируется этот принцип на языке собственно физических представлений (принцип устойчивого неравновесия). Является ли он для Э.С.Бауэра собственно физическим? Ответ может быть совершенно определенным — нет. Это — принцип теоретической *биологии*. Он применим для живых и только для живых систем. Таким образом, концептуальная самостоятельность теоретической биологии обусловлена различием законов физической и биологической "форм движения материи". Там, где Г.Дриш видел специфические начала, элементы ("энтелехия", "психоиды"), Э.С.Бауэр — иначе организованную и иначе функционирующую материю. Казалось бы, разделяя с Г.Дришем оба фундаментальных допущения о необходимом характере теоретической биологии, Э.С.Бауэр одновременно избежал всех последствий виталистического выбора Г.Дриша, выбора, правда, имеющего то достоинство, что он наиболее простым и прочным образом обосновывает концептуальную самостоятельность биологии. Однако, как мы увидим, и бауэровская версия теоретической

биологии, отвечающая общему характеру уже описанного феномена теоретической биологии, неизбежно рождает свои неразрешимые трудности. Если трудности Г.Дриша были определены, в конечном счете, его принципиальным и открытым витализмом, невозможностью, несмотря на все ухищрения, включить специфические "начала", "объекты" в язык теоретических представлений биологии, язык, способный (а это обязательное условие!) продуктивно контактировать с экспериментом, то природа трудностей, с которыми столкнулся Э.С.Бауэр, имеет несколько отличный смысл. Однако у этих различных по характеру трудностей — общая почва.

Центральная (но замечу, совершенно не осознанная Э.С.Бауэром) проблема — это парадоксальность новой теории. Язык, на котором формулируется принцип устойчивого неравновесия, является физическим языком. Это базовый язык теоретической биологии Э.С.Бауэра. Но в то же время новая концепция не является собственно физической теорией, она описывает закономерности живых и только живых систем. На первый взгляд — это чисто формальный, так сказать, словесный парадокс, с которым вполне можно примириться. Существует же такая область знаний как "биологическая физика", не вызывая тем самым сколько-нибудь оправданного смущения. Однако здесь принципиально речь идет о другом.

Теоретическая биология, постулируя специфический принцип, задающий *особое* состояние живой материи, непреложно требует и особых состояний для традиционных объектов физикохимии в области жизни (молекулы, мицеллы и пр.), выключая их тем самым из области безраздельного господства "обычных" (т.е. собственно) физики и химии. В противном случае падает принципиальная автономность жизненных явлений, так как свойственное им своеобразие есть следствие всего лишь особой организации все *тех же* структурных единиц материи. Э.С.Бауэр совершенно закономерно склонен воспринимать общий ход развития и приложения физикохимии к живому, похоронив "живой белок" как ложный и тупиковый и предсказывает наступление поворота, в основе которого признание "особого молекулярного состояния у молекул, составляющих живую материю". Как известно, это предсказание не сбылось.

Без ясного, недвусмысленного ограничения применимости физикохимии к структурам, составляющим живые системы, новая концепция в точном соответствии со своим замыслом утрачивала свое значение. Но тем самым то, что в ней оказалось истинным, соответствующим реальности, должно пониматься и интерпретироваться иначе — без притязаний на исключительную принадлежность живым и только живым системам. В сущности, именно так и воспринимает Э.С.Бауэра современный читатель, не ставящий своей задачей вникнуть в строгий смысл самого бауэровского замысла теоретической биологии. Здесь мы и приближа-

емя к тому, что можно определить как трагическую линию судьбы бауэровского творчества. Я имею в виду не внешние, также глубоко трагические обстоятельства последних лет жизни ученого, а именно неприятие его идей и непризнание его заслуг современниками, в том числе и великими, да и потомками. Бесспорные бауэровские прозрения, блестящие идеи оказались столь тесно связанными и обусловленными смысловыми конструкциями, сложившимися в сфере философии биологии, в сфере осознанного выражения традиций научного познания, что понять одно, не принимая во внимание другого, будет означать заведомое искажение истины.

В свете уже накопленного исторического опыта, успехов в области эпистемологии науки, вера в возможность реализации теоретической биологии, сливающей воедино идею строго номотетического характера построения и одновременно идею подлинной его концептуальной самостоятельности, представляется глубоко утопичной и, как следствие, неизбежно парадоксальной. Именно эта парадоксальность обращала на себя внимание. На первый план выступало то, что не представлялось сколько-нибудь актуальным и первоочередным, а то, что можно было оценить в свете тогдашней науки, представлялось даже и шагом назад. Потребовалось время, "второй ренессанс" (50–60-е гг.) идеи теоретической биологии, чтобы творческое наследие Э.С.Бауэра получило и признание, и непредвзятую критическую оценку. Однако, как я полагаю, и биологи, и, прежде всего, историки науки и философы в долгу не только перед его памятью. Осмысление живого урока, тех исторических трансформаций, которые претерпела на протяжении XX в. идея теоретической биологии (а Э.С.Бауэру принадлежит здесь выдающееся место) еще ожидают своих исследователей и интерпретаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дриш Г. Витализм. Его история и система. М., 1915.
2. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.–Л., 1935.
3. Бауэр Э.С. Физические основы в биологии. М., 1930.

Э.БАУЭР О КРИТЕРИЯХ НАУЧНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДОЛОГИИ БИОЛОГИИ

В.Г.Борзенков

В своей статье я хотел бы обратить внимание на те моменты в творческом наследии Э.Бауэра, которые делают его нашим современником, полноправным участником сегодняшних поисков и дискуссий в области философии и методологии биологии. Может быть, в наибольшей степени это относится как раз к *методо-*

логическим аспектам его фундаментальных исследований в биологии. К его пониманию критериев научности, предмета и задач общей, теоретической биологии, способов ее построения и обоснования и выделенных на этой основе первоочередных философских и методологических проблем, без серьезного обсуждения которых невозможны ни адекватная постановка, ни, тем более, сколь-нибудь успешное решение проблем теоретической биологии. Эта часть творчества Э.Бауэра полностью сохранила свое значение. Останемся только на трех моментах.

1) Понимание важности проблемы законов при научной, методологически корректной постановке проблемы возможности или невозможности теоретической биологии и ее своеобразии. Э.Бауэр, по-видимому, был одним из первых (если не первым), кто отчетливо показал, что вся полемика между механицизмом и витализмом по поводу сущности жизни и статуса биологии как науки (скажем, в ее соотношении с физикой и химией) является *беспредметной* вне постановки вопроса о возможности или невозможности существования специфических общих законов живых систем, т.е., как он пишет, "таких законов", которые действительны *только* для живых существ и для *всех* живых существ" [1, с. 5]. В этой работе Э.Бауэр показывает, что как механицизм, так и витализм *в принципе* не способны сформулировать такое понимание предмета теоретической биологии и, тем самым, не только не способствуют прояснению проблемы, но, напротив, затемняют ее, уводят исследовательскую мысль в сторону.

Важность этого результата может быть понята из того обстоятельства, что еще в течение многих десятилетий после написания основных работ Бауэра философское обсуждение методологических проблем биологии во многом направлялось все той же неизменной дихотомией "механицизм-витализм". Не случайно еще несколько лет назад известные наши специалисты С.В.Мейен, Б.С.Соколов и Ю.А.Шрейдер в статье, посвященной творчеству другого замечательного русского ученого А.А.Любищева, писали, что "обсуждение фундаментальных проблем биологии вот уже много десятилетий идет по кругу и в точности повторяет дискуссию механистов и виталистов... в конце прошлого века. Разница лишь в терминологии и в конкретных фактах, которыми фехтуют противоборствующие стороны" [2, с. 31]. Э.Бауэр же уже в работе 1930 г. [1] переводит обсуждение в плоскость, вся методологическая значимость и актуальность которой в рамках философии биологии были осознаны значительно позже. А именно — в плоскость поиска специфических фундаментальных задач движения живых систем, которые как раз и должны были составить ядро общей, теоретической биологии; законов, которые бы явились не только рациональным обобщением гигантского эмпирического материала, но и инструментом объяснения и предсказания неограниченно большого числа наиболее интересных свойств и проявлений феномена жизни.

В этой же работе — опять-таки на десятилетия опережая методологическую мысль на материале биологии — Э.Бауэр обсуждает и наиболее серьезный аргумент, который до сих пор выдвигается противниками идеи возможности превращения биологии в такую строгую теоретическую дисциплину, идеал реализации которой задан теоретической физикой, а именно, аргумент о, якобы, "чрезвычайной сложности жизненных явлений", сложности, которая, с этой точки зрения, является непреодолимым препятствием для формулирования общих законов живой природы, аналогичным общим законам теоретической физики. Примечательно, что эти идеи в западной литературе по философии и методологии биологии стали активно выдвигаться и обсуждаться лишь на рубеже 60–70-х гг., а в нашей методологической литературе и до сих пор должным образом не ассимилированы (подробнее см., например, [3]).

2) Второе, на что я хотел обратить внимание в этой связи, это постановка Э.Бауэром вопроса о так называемых "исторических закономерностях". Этим, на первый взгляд несколько неопределенным понятием, Бауэр выражает, в сущности, простую (но очень глубокую) мысль: процесс исторического развития живой природы есть процесс *закономерный* и это должно найти свое теоретическое выражение. Дело в том, что с точки зрения Э.Бауэра, на том уровне теоретического описания этого процесса, который был достигнут в рамках эволюционной теории Ч.Дарвина, понимание процесса исторического развития жизни — как процесса именно *закономерного* — не достигается. Более того, с его точки зрения, эта эволюционная теория "даже принципиально отрицает всякую закономерность в смысле закономерности, осуществляющейся во времени с необходимостью через частное и случайное, т.е. в смысле направленности во времени". "Таким образом, — продолжает он эту мысль, — мы имеем в современной эволюционной теории некоторым образом парадоксальное положение, а именно: теорию, которая постулирует и обосновывает историю живых процессов, но принципиально отрицает существование закономерностей этой истории. В ней господствует момент случайного, прикрывающий момент исторически необходимого, закономерного" [4, с. 19].

Э.Бауэр в этой работе разворачивает целую систему аргументов, обосновывающих, почему это так и каким образом можно дать действительную теоретическую реконструкцию "исторических закономерностей" эволюционного процесса. Естественно, что, с его точки зрения, это можно сделать только в рамках теоретической биологии и только на основе общего закона движения живых систем, который составит ее ядро. К сожалению, нет возможности остановиться на этом подробнее, но я хотел бы подчеркнуть, что весь этот комплекс идей Э.Бауэра заслуживает того, чтобы стать объектом тщательного специального методологического анализа. Точность и глубина постановки

проблемы у Бауэра удивительны и совершенно современны. Все это попросту в полной мере еще не осознано в литературе по философии и методологии биологии. До сих пор в этой области широко распространены чрезвычайно путанные представления о логике соотношения моментов случайного и необходимого (закономерного) при теоретическом описании процесса исторического развития живой природы в рамках концепции естественного отбора, что является источником и питательной средой непрекращающихся попыток "опровержения" концепции естественного отбора как, якобы, сугубо "тихогенетической" (т.е. чисто случайностной). В то же время защитники теории естественного отбора, справедливо отвергая такого рода интерпретации ее содержания, сами используют понятия "законов" и "закономерностей" эволюции чаще всего в некотором весьма смутном, интуитивном, доаналитическом смысле, что значительно ослабляет силу их аргументации.

В постановке же этой проблемы Э.Бауэром поражает как раз ее глубина, в свою очередь обусловившая и широту охвата материала в поисках адекватной *методологии* подхода к ее решению: она осмысливается в контексте того, как, каким образом аналогичные проблемы ставятся и решаются, с одной стороны, в науках о неорганической природе (на примере соотношения теоретической физики и космологии), а с другой — в науках о человеческом обществе (соотношение теоретической социологии и истории на примере социально-философской и исторической концепции К.Маркса). Нетривиально и его конкретное предложение: вывести "исторические закономерности" из общих законов развития живой материи (т.е. из теоретической биологии). Все это, фактически, предвосхищение идеи того, что закономерности процесса исторического развития живой природы могут быть теоретически выражены и исследованы на разных уровнях абстракции и обобщения: как в рамках понятийного аппарата самой эволюционной биологии, так и на более высоком уровне абстракции, в рамках системы понятий, которая складывается сейчас вокруг того, что все чаще называется синергетикой. Правда, как мы видели, сам Э.Бауэр отрицал первую возможность, и в этом он оказался исторически неправ. Но все дело в том, что за эти десятилетия сама эволюционная теория проделала серьезную эволюцию, в результате чего ее структура и логика объяснения исторических процессов на ее основе стали парадоксальным образом соответствовать как раз тем критериям и идеалам, которые для этой области были сформулированы Э.Бауэром. Что же касается второй возможности, то теперь очевидно и общепризнано, что идеи Э.Бауэра оказались здесь пионерскими.

3) И последнее, что я хотел бы отметить, связано с тем, что традиционно именуется проблемой телеологии (или, как сейчас предпочитают говорить и писать многие, проблемой телеономии)

в биологии. Идеи, высказанные Э.Бауэром в этой связи, с моей точки зрения, ошибочны, но они также вполне современны в том плане, что широко распространены в современной литературе по философии биологии и нуждаются в серьезном критическом обсуждении и преодолении.

Э.Бауэр рассматривает эту проблему в работе "Физические основы в биологии" в связи с критическим анализом виталистической позиции сущности жизни. Виталисты, как известно, в таких чертах строения и функционирования живых организмов, как "целесообразность" и "целеустремленность", видели их качественное отличие от неживых образований (невыразимых, якобы, средствами обычной физики и химии). Э.Бауэр же видит в словах "целесообразность" и "целеустремленность" одни слова — и не более того, остатки или рецидив чисто антропоморфных, донаучных представлений о живой природе. Рациональный же источник этих антропоморфизмов он видит в том, что природные системы действительно могут быть описаны как дифференциально (т.е. с помощью дифференциальных уравнений движения), так и интегрально, с помощью различных вариационных принципов, например, с помощью принципа наименьшего действия Гамильтона. В этом втором случае при описании изменения или эволюции системы на первый план выходят некоторые интегральные характеристики процесса как единого целого и его конечные состояния. Такие описания, особенно в случаях, когда эквивалентные им описания с помощью дифференциальных уравнений невозможны или неизвестны, терминологически выглядят часто как сугубо телеологические. Например, можно сказать, что в процессе диффузии частицы вторичного вещества "стремятся" распределиться в некотором объеме жидкости равномерно. Ясно, однако, что "телеология" этого процесса чисто внешняя и словесная, поскольку все здесь происходит в полном соответствии со строгими законами природы и на основе чисто причинных взаимодействий. Все примеры "целеустремленности" жизненных процессов, считает Э.Бауэр, относятся к этому же классу. Это просто метафорические описания направленных процессов в живой природе в случае, когда мы не знаем ни дифференциальных законов движения, ни интегральных принципов процесса, которому мы приписываем определенную "цель". В случае же, когда мы эту конечную стадию процесса, его "цель", выясним и с ее помощью сможем правильно описать закономерность жизненного процесса, "то полученные нами законы, — пишет Э.Бауэр, — по своей форме и существу ничем не будут отличаться от законов физики. Отличие их будет заключаться лишь в их специальном содержании" [1, с. 11]. На самом же деле, как было показано в последующем [5, с. 58, 102–103], процессы, называемые *целенаправленными* в биологии (например, онтогенез или поведение птиц и животных) *качественно* отличаются от направленных процессов, описыва-

емых в физике с помощью вариационных принципов. Последние характеризуются тем, что из множества возможных путей к конечной стадии ("цели") они реализуют тот единственный, который требуется соответствующим вариационным принципом, в то время как отличительной особенностью целенаправленных процессов в живой природе является то, что они свое конечное состояние, цель способны достичь многими путями и действительно достигают их различными путями – в зависимости от обстоятельств. Это множество средств, с помощью которых достигается конечное состояние, цель в целенаправленных процессах живой природы, как раз противоположна единственности пути, который предписывается системам различными вариационными принципами в физике.

Совсем другой комплекс вопросов возникает в связи с понятием "целесообразность", что также не улавливается Э.Бауэром, который в одном месте в своем рассуждении прямо поставил на место слова "целестремленность" слово "целесообразность", полагая, видимо, что это одно и то же. Впрочем, и в этом отношении он вполне современен, поскольку и современные авторы нередко не улавливают в них различия. На самом же деле это, конечно, совершенно разные понятия: целестремленность – это содержательная характеристика некоторого направленного процесса, а целесообразность – оценка его на предмет соответствия чему-то, например, условиям среды, эффективности и пр. Процесс может быть и целестремленным и целесообразным одновременно, но может быть целестремленным, но нецелесообразным (бабочка, летящая на огонек свечи), а может быть целесообразным (для более широкой системы, частью которой он является), но не быть целестремленным, т.е. не иметь непосредственной цели (как, видимо, все элементарные физические и химические реакции и взаимодействия в живой клетке).

Любопытно, что в одном месте той же работы Э.Бауэр приводит пример, который доказывает как раз обратное тому, что он сам этим примером пытался доказать: мнимость проблемы телеологии в биологии. Желая опровергнуть положение, что "целесообразность" есть отличительное свойство живых организмов, Э.Бауэр пишет: "однако такая "целесообразность" существует также и в неживых системах, например, все части паровой машины целесообразны и служат цели, которую мы желаем достичь, т.е. определенной работе. Понятие целесообразности, следовательно, не может служить отличительным признаком между живыми и неживыми системами" [1, с. 11]. Однако паровая машина – не природное тело и источник ее действительной целесообразности очевиден и он указывается самим Бауэром: сознательная, целестремленная деятельность человека, конструктора и изобретателя этой машины. Поэтому, если целесообразность живых организмов *подобна* целесообразности паровой машины, то это как раз *выделяет* живые системы

из всего класса *природных* систем своей “как бы спроектированностью” и весь вопрос об источнике этой “спроектированности” приобретает всю свою драматическую остроту. Мы знаем ответ современной науки на этот вопрос: конструктором и творцом живых систем со всей их целесообразностью является естественный отбор. Но в таком случае мы также ясно должны отдавать себе отчет в том, что, признавая в качестве конструктора и творца биологической целесообразности естественный отбор, мы тем самым изгоняем из живой природы Бога и различные Витальные силы, но не телеологию, которая в своей рациональной форме ничего другого не утверждает, кроме признания факта объективной целесообразности живой природы в качестве ее отличительной особенности (наряду с фактом опять-таки объективно существующей целенаправленности биологических процессов и целого ряда других особенностей строения и функционирования живых систем). И, следовательно, проблема телеологии никак не может быть устранена как “псевдопроблема” из комплекса фундаментальных проблем философии и методологии биологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э.С. Физические основы в биологии. М., 1930.
2. Мейен С.В., Соколов Б.С., Шрейдер Ю.А. Неклассическая биология. Феномен Любищева//Химия и жизнь, 1978, №6.
3. Борзенков В.Г., Северцов А.С. Теоретическая биология: размышления о предмете. М., Знание, 1980.
4. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.-Л., 1935.
5. Бунге М. Причинность. М., 1962.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ И КОНЦЕПЦИЯ Э.С.БАУЭРА

А.С.Мамзин

Основные тенденции развития современной биологии были достаточно обстоятельно рассмотрены ранее в ряде работ [9, 9а, 9б, 10, 11]. Поэтому нет необходимости проводить здесь их подробный и углубленный анализ. Ограничимся лишь перечислением этих тенденций и выявлением таких аспектов, которые позволят глубже осмыслить творчество Э.С.Бауэра.

В 20 в. существенно возрастает значение биологических наук в жизни общества, происходит серьезное переоснащение их приборной техники и методов исследования на основе использования новейших достижений математики, физики и химии, системно-кибернетических идей. На фоне нарастающей дифференциации и специализации биологических дисциплин, увеличения их числа существенным образом меняется роль интегративных тенденций в биологии. Возрастает не только количе-

ство "зон взаимодействия" и междотраслевых дисциплин ("пограничных" наук), но и происходит выделение в таких дисциплинах некоторых наиболее общих характеристик, возникновение на этой основе принципиально новых наук, предметом изучения которых становятся не конкретные вещи и отношения, а наиболее общие характеристики многообразных вещей, свойств и отношений, раскрываемых понятиями системы, структуры, функции, элемента, организации, информации и т.п.

В связи с этим происходит значительное изменение облика исследователя-биолога и биологической науки в целом. Если в XIX в. представление о биологе ассоциировалось с образом чудака-собирателя "курьезов природы" с сачком и лупой (вроде Паганеля из романа Ж.Верна "Дети капитана Гранта"), то в 20 в. наиболее типичной фигурой в биологии становится ученый, сидящий в лаборатории за микроскопом или центрифугой. При этом ряды биологов-натуралистов, к сожалению, сильно сокращаются. Дополнительно к этим двум основным "типам" современных биологов возникает третий — биолог-теоретик (специалист по проблемам организации живого, по математической биологии, по общим вопросам теории эволюции и т.п.) — фигура, вовсе не существовавшая в "чистом" виде до 20 века.

Взаимоотношение тенденций дифференциации и интеграции является весьма важным, но далеко не единственным выражением противоречивого развития биологических знаний. Эта закономерность отражается также в наличии ряда устремлений биологического знания, на первый взгляд, взаимно противоположных, взаимоисключающих друг друга, но обнаруживающих при более глубоком рассмотрении свое взаимопроникновение, свою взаимообусловленность друг другом.

К числу таких "полярных" устремлений биологии относятся:

- углубление познания, проникновение на уровень "элементарных" образований живого, с одной стороны, и усиление внимания к исследованию макро- и мегабиологических систем — с другой. Одним из выражений этой тенденции является изменившееся соотношение редукционизма и интегратизма [21];

- углубленное исследование структуры и функций живых систем различных уровней и развитие на этой основе *теории организации живого* органично сочетается в наше время с развитием *эволюционной биологии*, длительное время противостоящей биологии функциональной [7];

- усиление *теоретического потенциала биологии*, разработка ее современного *абстрактно-теоретического концептуального аппарата* лишь при поверхностном рассмотрении противостоит вопросам *практического использования* процессов живой природы в интересах человека. Практическая значимость, казалось бы, самых отвлеченных от повседневной жизни абстрактно-теоретических конструкций обнаруживается сегодня в медицине, сельскохозяйственной и ресурсоведческой науках и практике.

Рассмотрение таких проблем, как происхождение и сущность жизни, взаимосвязь структур и функций, организации и эволюции живого, соотношение эволюции отдельных видов и биосферы, в целом оказывается важным не только в теоретико-мировоззренческом и методологическом, но и непосредственно в практическом, повседневном отношении.

В каждой из перечисленных пар противоположных устремлений имеет место взаимодействие противоположных тенденций. Иными словами, не только уточнение знаний об элементах трансформирует наше понимание системных объектов, но имеет место и обратное влияние — развитие знаний о системах существенно меняет представление об элементе, не только теория влияет на практику, но и практика в определенных отношениях влияет на теорию, корректирует ее выводы и т.д.

Все отмеченные, а также неотмеченные противоречивые тенденции развития биологического знания в XX в. оказали существенное влияние и нашли отражение в научном творчестве Э.С.Бауэра. Создавая физико-химические основания теоретической биологии, он видит возможные перспективы и пути ее развития, необходимость ее взаимодействия с существующими биологическими дисциплинами и с эволюционной теорией, которая, впитав достижения теоретической биологии, сама поднимется на более высокую ступень и будет способствовать дальнейшему развитию теоретической биологии.

Глубокое осмысление научного творчества любого ученого предполагает сопоставление его идей как с концепциями современников, работающих в этой либо в смежных областях науки, так и с тенденциями их последующего развития. Анализ творчества Э.С.Бауэра в этой связи представляет не только историко-научный и биографический интерес, но и может послужить исходным пунктом для размышлений о тенденциях и путях развития биологического знания. Рассмотрение перспектив развития биологии, возрастания в ней удельного веса теоретико-концептуальных, математических, системно-кибернетических, модельных и иных обобщающих конструкций явилось источником размышлений и обсуждений многих отечественных и зарубежных ученых [1, 10, 11, 13, 16–20]. При этом далеко не всегда упоминалось имя Э.С.Бауэра и его "Теоретическая биология" — название монографии, означающее в то же время одно из существенных устремлений науки о жизни от идей и умонастроений XIX в. к новым революционным обобщениям в этой области знания в веке двадцатом и грядущем двадцать первом столетии.

Наиболее существенным моментом в творчестве Э.С.Бауэра являются, на наш взгляд, не те или иные конкретные исследования жизненных явлений — обмена веществ, раздражимости, адаптации, окислительных процессов и дыхания, а именно обобщенный взгляд на соотношение коренных свойств живого и

физико-химических механизмов их осуществления. Теоретическую биологию Э.С.Бауэр рассматривал как общую теорию живой материи, которая формулирует некоторые общие физико-химические принципы биологической организации и развития, специфическим образом проявляющиеся в различных формах и на различных уровнях живых систем. Последовательно отстаивая идею материалистического монизма, Э.С.Бауэр четко противопоставляет свое понимание природы виталистическому дуализму, признававшему лишь чисто внешнюю связь жизненных явлений с физико-химическими процессами в живых системах и абсолютизировавшему сущностные различия между ними.

С этих позиций он подходит к рассмотрению соотношения биологии, физики и химии. Согласно Э.С.Бауэру, физика и химия занимаются более общими по сравнению с биологией вопросами, поскольку их построения носят характер теоретических обобщений, формулировки законов путем абстракции. Современная же Э.С.Бауэру биология, будучи описательно-экспериментальной (эмпирической), имеет относительно частный характер [3]. Биология "имеет дело с существующими в природе живыми существами, с естественными телами, как они даны в природе, и первой ее задачей было, как мы видим, исследование именно существования формы этих живых существ, а также закономерностей их образования, распространения на земле и их изменений во времени" [3, с. 15].

Свое рассмотрение соотношения физики и химии, с одной стороны, и биологии — с другой, Э.С.Бауэр заключает следующим образом: "Сопоставляя сказанное, мы видим, что различие между неорганическими науками и биологией обусловлено только историческим развитием этих наук, а не принципиальными различиями цели, которую они себе ставят, или различиями в методе, при помощи которого эта цель достигается или может быть достигнута... Больше того, мы видим и в неорганических науках, что исторические закономерности неживой материи, неизбежность возникновения, старения, гибели и изменений небесных тел, а также направление этих изменений, поскольку их до сих пор исследовали с успехом, могли быть исследуемы *именно только на основании и помощи полученных теоретической физикой и химией общих представлений и законов движения*. Без общих законов движения механики, силы притяжения, законов газов, термодинамики, законов радиоактивности и т.д. естественные науки не пришли бы к современным представлениям о возникновении и истории небесных тел. То же самое относится к истории нашей земли, ее слоев и т.д." [3, с. 17] (подчеркнуто мною — А.М.).

Противостояние позиции Э.С.Бауэра виталистическому удвоению природы весьма рельефно обнаруживается при сопоставлении его взглядов по методологическим вопросам биологии с воззрениями широко известного в 30–40-х гг. немецкого зоолога,

автора "Общей биологии", профессора Берлинского университета Макса Гартмана. Будучи крупным ученым, используя в своей монографии новейшие достижения науки, свидетельствующие о единстве живой и неживой природы, он остается, по существу, беспомощным перед лицом новейшего витализма. "Основной методологической ошибкой Гартмана, — справедливо отмечает М.Л.Левин, — является его совершенно необоснованное утверждение, будто рациональное познание мира явлений "до сих пор могло быть осуществлено в большом масштабе только в области физики и что, пожалуй, оно вообще только в ней и возможно". Одна только физика якобы представляет собою "науку о чистых закономерностях", чисто "номотетическую", "элементарную, всеобщую науку о мире явлений, которая должна быть противопоставлена всем остальным научным дисциплинам в качестве основы", тогда как все прочие разделы естествознания носят "идиографический" характер. Здесь автор произвольно ставит знак равенства между понятиями: рациональное, физическое, вневременное и неиндивидуальное. Если бы эти понятия были синонимами, *то не существовало бы вообще никакой рациональной науки*, а вместе с тем и физики, так как и последняя имеет дело с явлениями, протекающими во времени, с индивидуальными связями, принимающими вид закона, явлений лишь после их обобщения. Если же признать, что рациональное не тождественно с вневременным, физическим и неиндивидуальным, а, напротив, усвоить ту истину, что рациональное познание означает сведение явлений мира к *общим объективным закономерностям того же мира*, тогда и в социологии, и в биологии, и в геологии, и в истории будет содержаться столько же рационального, сколько его содержится в физике" [6, с. 7—8].

Одной из характерных черт и тенденций, характеризующих творчество Э.С.Бауэра, его методологию, как раз и являлось стремление преодолеть сохраняющуюся еще со времен описательно-экспериментирующего естествознания обособленность отдельных его отраслей, доходящую до их резкого противопоставления и отрыва друг от друга, подойти к некоторому теоретическому обобщению (синтезу) ранее разрозненных данных и эмпирических закономерностей о явлениях живой природы в систему логически связанных теоретических положений о живой материи, которые способствовали бы осмыслению фундаментального единства между живой и неживой природой, выражающегося в общности наиболее фундаментальных законов материального мира. Построения Э.С.Бауэра были созвучны идеям одного из блестящих отечественных естествоиспытателей и мыслителей 20 века, теоретическое наследие которого в полной мере не оценено и донныне, — идеям В.И.Вернадского.

Сближает этих двух ученых, таким образом, широкий взгляд на природу как единое системное образование, где грани между

живым и неживым исторически подвижны и условны, их стремление к преодолению "цеховой" разобщенности ученых*.

Однако такая позиция была непривычной для большинства биологов. Не разделяя полностью виталистических концепций и всячески подчеркивая роль физико-химических процессов в осуществлении жизненных явлений, материалистически настроенные биологи, тем не менее, утверждали, что существенное отличие живой материи от неживой коренится не в ее особом субстрате и не в особенностях ее динамики, а в особой организации как субстрата, так и динамики живого, в особого рода форме живых тел, в постоянстве их текучей структуры. Поиски таких устойчивых структур, лежащих в основе устойчивости метаболизма и типа развития живых систем, оказались в конечном счете, достаточно плодотворными. Они привели, например, одного из выдающихся биологов того времени Н.К.Кольцова к формулированию идеи об особых наследственных молекулах, содержащихся в клетке и обуславливающих сохранение постоянства и определенной направленности жизненных процессов. Эта гипотеза была высказана и обоснована более чем за два десятилетия до формирования молекулярной генетики.

Б.П.Токин, характеризуя творчество Э.С.Бауэра, отмечал, что "старое и среднее поколения биологов, среди них Н.К.Кольцов, М.М.Завадовский и др., ощущая значительность идей Бауэра, однако не подняли на щит его творчество... Концепция Бауэра, его утверждение об отсутствии и необходимости создания теоретической биологии казались некоторым каким-то недоразумением и сродни талантливым, но натурфилософским построениям прошлых веков" [15, с. 15]. Солидаризируясь с Б.П.Токиным в том, что "идеи Бауэра остались непонятыми его современниками", М.В.Волькенштейн добавляет к этому, что непонятыми они остались и для некоторых новейших комментаторов, имея при этом в виду книгу Б.П.Токина о Бауэре [5, с. 14].

Действительно, трудно полностью согласиться с приведенными выше высказываниями Б.П.Токина. Общая идея построения системы теоретической биологии привлекала отечественных и зарубежных ученых еще со второй трети 19 в., когда сформировалась клеточная теория, а физиология и возникавшая на ее основе биохимия достаточно углубились в изучение основных процессов жизнедеятельности. Работы Р.Вирхова, М.Ферворна, К.Бернара, И.М.Сеченова, И.П.Павлова, Н.Е.Введенского, Е.С.Лондона и многих других отечественных и зарубежных ученых стимулировали движение мысли

* Интересно отметить, что наряду с созвучием существенных идей В.И.Вернадского и Э.С.Бауэра в творчестве этих ученых можно наблюдать также сходство в форме выражения их мыслей. Так, в цитированном ранее отрывке из книги Э.С.Бауэра говорится о "естественных телах, как они даны в природе", и В.И.Вернадский пользуется понятием естественного (природного) тела в том же смысле, противопоставляя естественные тела как нечто эмпирически данное и устойчивое преходящим понятиям о них [4, с. 156-160]. Равным образом, как В.И.Вернадский, так и Э.С.Бауэр включают в характеристику естественных тел фактор времени.

исследователей к созданию теоретической биологии. Небезуспешная попытка создать общую теорию организации, основываясь прежде всего на данных биологии и медицины, была предпринята в 20-х гг. нашего века А.А.Богдановым в его трехтомной "Тектологии" и других работах.

Однако устремления в этом направлении тормозились известным скептицизмом, складывающимся среди биологов по отношению к различного рода отвлеченно-абстрактным построениям в связи с неудачными попытками разрешить этим путем вековые споры механицизма и витализма, преформизма и эпигенеза и других общетеоретических проблем в биологии. В силу этого обсуждение общетеоретических вопросов стремились вести в непосредственной и тесной связи с эмпирическим материалом (например, И.П.Павлов, излагая свою теорию условных рефлексов, проводил демонстрацию экспериментов в лекционной аудитории), а рассуждения, отвлеченные от такого материала, казались многим темными и пустопорожними умствованиями. Интересно, что даже выдающийся гений русской культуры Л.Н.Толстой не избежал таких взглядов, считая что построение схем строения клетки дело несерьезное и пустое, лишь мешающее ученым заняться действительно полезным для людей делом — отысканием в природе или выведением новых полезных человеку растений [подробнее об этом см. 2, с. 63–65; 12, с. 89–91].

Определенное влияние на отношение к концепции Э.С.Бауэра его современников, на наш взгляд, оказало и то обстоятельство, что при раскрытии существенных особенностей живого он делал акцент на его *динамичности* (что в общем-то было ясно ученым со времен античности — известный принцип Демокрита), тогда как других исследователей в большей мере интриговала тайна *устойчивости*, постоянства в непрерывном потоке жизни (например, Н.К.Кольцова). При этом как-то упускалось из вида, что, хотя в концепции Бауэра акцент был сделан на изучении функциональных особенностей организмов, он не сводился к простой динамике, а формулировался как принцип *устойчивого* неравновесия. Позднее, в работах Л. фон Берталанфи среди основных принципов, характеризующих живое, был выдвинут принцип первичной *активности* живого, аналогичный по своему содержанию принципу устойчивого неравновесия Э.С.Бауэра.

Принципиально важное значение в концепции Э.С.Бауэра принадлежит вопросу о соотношении общей теории живой материи и эволюционной теории Ч.Дарвина. Обе эти теории являются обобщениями как бы второго порядка и входят в состав общей или теоретической биологии, в отличие от специальной или описательной биологии, в которую входят не только собственно описательные, но и экспериментальные биологические науки.

По мнению Э.С.Бауэра, теория Ч.Дарвина "дала общий принцип для многообразия форм и функций организмов, как они появились на земной коре, теорию, охватывающую закономерности форм

живых существ, их происхождения и их закона движения для всех живых существ" [3, с. 17].

Эволюционная теория, или учение о происхождении видов, возникла на основе обобщения данных специальной или описательной биологии, в частности, таких ее отраслей, как зоология, ботаника, морфология, эмбриология, описательная биология, экология и т.д., т.е. в основном на базе наук о форме организмов и ее становлении в онтогенезе.

Общая теория живой материи – вторая составляющая теоретической или общей биологии – разработана на основе преимущественно функциональных эмпирических закономерностей, описываемых физиологией, механикой развития, генетикой, исследованиями протоплазмы.

Э.С.Бауэр высоко оценивал эволюционную теорию Ч.Дарвина и подчеркивал, что она "есть не только обобщение непосредственных эмпирических данных или эмпирического закона. Она является сгустком большого числа различных эмпирических данных и закономерностей сравнительной морфологии, описательной биологии и т.д. и выходит за рамки непосредственного опыта..." [3, с. 17]. Однако он считал, что эволюционной теории предстоит дальнейшее развитие и уточнение ряда ее положений, выход за рамки описательной фазы, сближение с общей теорией живой материи.

Хотя не со всеми положениями Э.С.Бауэра по данному вопросу можно полностью согласиться – некоторые из них неточно сформулированы, иные устарели – однако в целом развитие биологии пошло по пути ассимиляции и объединения основных принципов эволюционизма и теории организации живого.

Долгое время идеи Э.С.Бауэра находились в забвении. Не все последующие исследователи, работающие в области теоретической биологии, ссылались на его труды. Вероятно, не все и были знакомы с ними. Это очень горько, но, в конечном счете, не так уж и важно. Значительно важнее то, что основные положения концепции Э.С.Бауэра: единство неживой и живой природы, единство законов организации и развития живого, принцип устойчивого неравновесия, свободная структурная энергия как принцип работы системных сил, связь организации и эволюции живых систем – подтвердились в исследованиях многих ученых, вставших на путь создания своих вариантов концепций теоретической биологии (Э.Шредингер, Л. фон Берталанфи, К.Х.Уоддингтон, Г.Моровиц и др.). Ряд идей и принципов Э.С.Бауэра получили позже свое подтверждение и дальнейшее развитие во многих работах по проблемам химической эволюции и возникновения жизни, самоорганизации материи, энергетики живых систем (М.Эйген, А.П.Руденко, С.Э.Шноль и др.).

Создание теоретической биологии стимулировало не только развитие наук о живой природе, но и оказало плодотворное воздействие на науки о неорганической природе, способствуя распро-

странению исторического подхода (принципов эволюционизма) и на эту область и утверждению в ней идей самоорганизации.

Возникновение этих идей означает на деле коренной переворот в наших взглядах на природу, на взаимоотношения человека и окружающего его мира, что и нашло свое отражение в подзаголовке книги И.Пригожина и И.Стенгерс – "Новый диалог человека с природой" [13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Астауров Б.Л. Предисловие//На пути к теоретической биологии. М.: Мир, 1970.
2. Астауров Б.Л., Рокицкий П.Ф. Николай Константинович Кольцов. М.: Наука, 1975.
3. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.–Л.: Изд-во ВИЭМ, 1935.
4. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988.
5. Волькенштейн М.В. Молекулярная биофизика. М.: Наука, 1975.
6. Гартман М. Общая биология. Ч. 1. Предисл. М.Л.Левина. М.–Л.: Госмедиздат, 1981.
7. Майр Э. Причина и следствие в биологии//На пути к теоретической биологии. I. Прологомены/Пер. с англ. Васецкого С.Г. Под ред. и с предисл. Астаурова Б.Л. М.: Мир, 1970.
8. Малиновский А.А. Пути теоретической биологии. М.: Знание, 1969.
9. Мамзин А.С. Некоторые тенденции в развитии биологии//Коммунист. 1976. № 12. С. 78–85.
- 9а. Мамзин А.С. Теория живых систем и современное биологическое знание//Материалистическая диалектика в пяти томах. Т. 3. М.: Мысль. С. 175–199.
- 9б. Мамзин А.С. Структура и основные направления в развитии биологии//Научно-технический прогресс и биология. Киев. Наукова думка, 1988. С. 13–25.
10. Мирзоян Э.Н. О некоторых тенденциях развития биологии в XX веке//Историко-биологические исследования. М. 1978. Вып. 7. С. 3–24.
11. Назаров В.И. Введение//История биологии с начала XX века до наших дней/Под ред. Бляхера Л.Я. М.: Наука, 1975.
12. Польшин В.М. Пророк в своем отечестве. М.: Советская Россия, 1969.
13. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986.
14. Теоретическая и математическая биология/Пер. с англ. Лашкевича Ю.И. М.: Мир, 1968.
15. Токин Б.П. Теоретическая биология и творчество Э.С.Бауэра. Л., 1963.
16. Уоддингтон К.Х. Основные биологические концепции. Теоретическая биология и молекулярная биология и др. выступления//На пути к теоретической биологии. I. Прологомены/Пер. с англ. Васецкого С.Г. Под ред. и с предисл. Астаурова Б.Л., М.: Мир, 1970.
17. Шноль Э.С. Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979.
18. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: ИЛ, 1947; 2-е изд. Атомиздат, 1972.
19. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул/Пер. с англ. Андреева В.М. Под ред. и с предисл. чл.-кор. АН СССР Волькенштейна М.В. М.: Мир, 1973.
20. Эйген М., Шустер П. Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул/Пер. с англ. Андреева В.М. Под ред. чл.-кор. АН СССР Волькенштейна М.В. и проф. Чернавского Д.С. М.: Мир, 1982.
21. Энгельгардт В.А. Познание явлений жизни. М.: Наука, 1984. С. 201–248.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ КОНЦЕПЦИИ Э.С.БАУЭРА И СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

В.В.Семенов

По многим современным оценкам работа Э.С.Бауэра "Теоретическая биология" является глубоко материалистической и ее автор превосходно владеет диалектической методологией [11, с. 101]. Насколько оправдана такая позиция? Вопрос о диалектической методологии в период создания "Теоретической биологии" широко обсуждался в печати и в устных дискуссиях. В этот период можно выделить две альтернативные тенденции в решении этого вопроса.

Ведущая, преобладающая тенденция сводится к попыткам непосредственного внесения диалектической логики прямо в эмпирический материал наук. Таким образом с ходу пытаются решить проблему диалектизации последних. Представители этого направления порою до предела упрощали понимание метода и требовали "немедленной демонстрации основных законов диалектики на фактах работы двигателя внутреннего сгорания, продажи арбузов в городах, произведения аппендэктомии в хирургии и т.д." [2, с. 97]. Тенденция эта, естественно, встречала сопротивление со стороны ортодоксально настроенных марксистов и потому была квалифицирована ими как "методологическое словоблудие, выдаваемое за марксистскую научность" [11, с. 79].

Второе направление диалектизации частных наук (В.В.Адоратский, С.Ф.Васильев, С.Я.Вольфсон и др.) опиралось на известные исходные установки классиков марксизма, согласно которым диалектической наукой является такая положительная наука, которая реализуется как синтез ее с философией. В таком синтезе философия "... снята", т.е. "одновременно преодолена и сохранена", преодолена по форме, сохранена по своему действительному содержанию" [14, т. 20, с. 142]. Этот подход предполагал в своей полноте следующие элементы. Диалектическая логика применяется к положительной науке и ее же категории из этой науки выводятся. Опосредует процесс историческая практика. Абстрагируясь от видовых категорий положительной науки, проверяют, насколько они соответствуют родовым (каждому родовому понятию диалектической логики соответствует множество видовых). На этом уровне реализуется критическая функция диалектического метода, который отсеивает частные и невсеобщие для данной специфики понятия и концепции. Таким образом, положительная наука создает, диалектика разрушает, практика закрепляет уцелевшее (по отношению к "уцелевшему" диалектика выступает и в синтетической функции, развертывая материал науки в движении от абстрактного к конкретному) [19, с. 105].

Общая методологическая атмосфера в 20–30-е гг. определялась преимущественно первой тенденцией. По-видимому, тут немалую

роль сыграло то обстоятельство, что идея "ненужности философии как таковой" эксплуатировалась и противниками марксистской философии, что заметным стало уже со времен первых теоретиков германской социал-демократии и II Интернационала. Опираясь на эту идею, они вообще отрицали методологическую роль диалектики, не признавали последнюю как форму общественного сознания. Развернувшаяся борьба за доказательство существования марксистско-ленинской философии имела те последствия, что критике подверглись не только противники этой философии, но и сама идея "отрицания философии как таковой" (подправив классиков марксизма, дали отпор оппонентам). От этой идеи впоследствии "из идеологических соображений" отказались даже те, кто ее вначале отстаивал. Как мы теперь знаем, была создана атмосфера идеологических погромов и гонений на все, что бросало хоть какую-то тень на официально выбранную точку зрения — на марксистскую методологию.

Метод разработки теории положительной науки, избранный Э.С.Бауэром, был несколько неожиданным, хотя сама идея теоретической биологии в конце 20-х — начале 30-х гг. уже получила распространение, на что указывает появление монографий со сходным названием [см. в работе 23, с. 24]. Когда в 1930 году он изложил основы своего подхода в докладе по монографии "Физические основы биологии", оригинальность взглядов докладчика вызвала споры. Его метод не укладывался ни в господствующее в то время прямое внесение диалектической логики в эмпирический материал науки, ни в привычный для эмпирической биологии описательный способ изложения фактов. Три десятилетия спустя Э.С.Бауэр был назван одним из основателей теоретической биологии, а по поводу его подхода было сказано: "В истории биологии еще не было более основательной попытки формулировать принципы теоретической биологии с позиций материализма, чем это делал Бауэр" [20, с. 41].

С методологической точки зрения можно выделить два наиболее принципиальных момента (положения) теоретической биологии Э.С.Бауэра. Причем, моменты эти, как потом оказалось, были вплетены в методологическую канву не только развития теоретической биологии, но и теоретического естествознания в целом.

1. Э.С.Бауэр выдвинул принцип качественной определенности биологии, принцип, который теперь принято называть антиредукционным. Другими словами, общая биология представлялась ему наукой о законах движения организованной живой материи, т.е. материи, имеющей свои собственные, отличные от химии и физики, законы движения. Бауэр утверждал, например, что только в том случае, если живая материя имеет свои собственные законы движения, свойственные ей как особой форме существования, можно говорить о науке о жизни, а не об отделе прикладной физики и химии. В то же время особое новое качество жизни он стремился, как ему казалось, осмыслить материалистически и потому подвергал

критике идеи витализма, жизненной силы (сверхматериальной “энтелехии”) и т.п., объясняющие новое по сравнению с физикой и химией качество жизни. В этой же связи он критиковал и редукционное направление в философии, объясняющее особенности живого законами физики и химии.

2. Для того, чтобы сформулировать общие (или наиболее общие) принципы биологии, которые, по мысли Бауэра, не должны были входить в противоречие ни с одним ее частным отделом, ему пришлось воспользоваться единственно приемлемым для этих целей способом – обобщающим абстрагированием (генерализующей абстракцией). “Закон, – говорит он, – есть “сгущение” всех данных опыта и эмпирических законов в общие положения” [3, с. 13]. Для выявления таких общих положений автор “Теоретической биологии” пытался объединить самые различные явления жизни: обмен веществ, раздражимость, клеточное строение организмов, размножение, физические изменения организмов при умирании и т.д. Естественно, что при выявлении общего в таком разнообразии явлений автор вынужден был обратиться к элементам нижележащих уровней. На подобную связь обратил внимание еще Аристотель, который говорил, что “элементы – это наиболее общее...” [3, с. 149]. Исторически сложилось так, что обобщение стало являться одним из приемов редукции. В таковой функции оно выступает и в современном естествознании. Лежит оно и в основе получения определенного вида абстракций, т.е. обобщающих абстракций.

Как нетрудно заметить, Э.С.Бауэр использует два противоположных и в определенных пределах взаимоисключающих приема в построении общей теоретической биологии – редукцию и антиредукцию. Эта двойственность наложила отпечаток не только на творчество Бауэра, но в немалой степени оказалась присущей и последующим разработкам в области теоретической биологии. Такая общая направленность диктовалась, по-видимому, самим ходом развития естественных наук, особенностями этого развития.

В современном естествознании по сравнению с разработками Э.С.Бауэра идея антиредукции претерпела известное изменение, но качественно осталась на том же уровне, что и в теоретической биологии от 1935 года. Та процедура, которую он использовал для выявления несводимости высшего к низшему, получила в последующем название неполной антиредукции, что было сделано с целью подчеркнуть ее отличие от философского принципа полной антиредукции. Неполная антиредукция допускает частичное сведение законов высшего к законам низшего. Причем вскоре такое сведение стало носить функциональный характер. Т.Уотерман подобное функциональное отношение объяснял следующим образом: “Несомненно, элементарными объектами биологии являются физические и химические компоненты организмов..., когда они снова собраны воедино и рассматриваются в высокоорганизованном “контексте” живой системы” [21, с. 13].

В отечественной методологии такой подход пытались увязать с марксовой идеей единства синтеза и анализа. При этом полагали, что анализ должен быть связан с разложением вышележащих систем до элементов, но не этих высших систем, а до других элементов, элементов более фундаментальных систем. После чего синтез должен был восстановить исходное целое. Поэтому популярным стало утверждение, что для объективного рассмотрения предмета "...редукционизм должен быть дополнен "интегрализмом" (термин В.А.Энгельгардта), т.е. завершением обратного пути от простого к сложному с тем, чтобы все имеющиеся факты определенной области науки вложить в одну непротиворечивую систему" [13, с. 247]. Характерно, что глубина сведения при так понимаемом анализе фактически не регламентируется и при этом законы низшего автоматически вносятся в высшее. Таким образом, интегративное движение от высшего к низшему и обратно остается по сути своей неполным антиредукционизмом, хотя и оформленным функционально. Марксова же идея единства синтеза и анализа не имеет никакого отношения к многоуровневым объектам и ее перенесение на последние осуществляется механистически, формально.

Если восходить к истокам антиредукционного принципа в положительных науках, то впервые научное обоснование он получил в методе Маркса. Причем у него этот принцип имеет явное отличие от такой реализации, которая только что была описана в двойственности сведения выведения. Отказ классиков марксизма от философии как от самостоятельного знания (предполагающего непосредственное применение ее к материалу положительной науки, натурфилософский диктат по отношению к последней) есть переход к изолированному рассмотрению объекта положительной науки. Так, М.Леске с соавторами говорит по этому поводу: "Маркс считал подлинно философским такое понимание, когда вещи рассматриваются не в их отношении к другим вещам, а в их собственной сущности, в их отношении к своему иному, то есть в их внутренней сущностной противоречивости" [12, с. 13]. Действительно, по Марксу, чтобы мысленно воспроизвести предмет исследования в "чистом виде", "надо оставить в стороне все отношения, не имеющие ничего общего с данным объектом анализа". Предмет должен быть рассматриваем как имеющий в себе "причину себя", т.е. как абсолютный (самодостаточный, имеющий в себе причину своего саморазвития).

В своем главном произведении "Капитал" Маркс самодвижущейся субстанцией буржуазной общественно-экономической формации называет не нижележащие уровни, а капитал, или стоимость, выступающую в качестве капитала. Это специфическое определение, соответствующее основанию данной формы материи, делает ее всеобщей, единственной и абсолютной. Она, конечно, включает в себя и нижележащие уровни, т.е. природу, но речь у Маркса идет не о природе как таковой, а о природе, включенной в обще-

ственное производство, об очеловеченной природе, которая имеет иное качество (качество товара), иные свойства (как говорит Маркс, “чувственно-сверхчувственные”), нежели в отношении сама к себе. Последняя как отдельная материальная реальность или форма материи для социальной реальности не существует, т.е. не сосуществует с ней, ибо “...п р и р о д а..., фиксированная в оторванности от человека, есть для человека н и ч т о” [14, т. 42, с. 172]. В результате, социальную реальность можно рассматривать как абсолютную или, что то же самое, как тотальность. Но эта тотальность у Маркса не нечто неопределенное бесконечное и абсолютное, она принимает у него специфическую, качественно определенную форму. И эта последняя как и абсолютное всеобщее самодостаточна для своего существования. Эту позицию Маркса можно назвать антиредукционной, но это не онтологический плюрализм естественно-научного антиредукционизма, а антиредукционный монизм.

Итак, общественные отношения, т.е. социальная действительность, абсолютны, они охватывают ВСЕ! “...Человеческие предметы не являются природными предметами в том виде как эти последние непосредственно даны в природе...” [14, т. 42, с. 164]. Все есть товар и промышленность есть действительное (!!) отношение природы к человеку [14, т. 42, с. 118–162 и др.]. Обоснование Маркса касается социальной формы реальности, но любая другая форма (физическая, биологическая и т.п.) также имеет антиредукционные обоснования своей абсолютности и тотальности.

Антиредукционная позиция Маркса получает подтверждение уже на уровне здравого смысла, рассудочного анализа. Возьмем для примера макромолекулу и рассмотрим в ней отношение молекул, ее составляющих, к атомам, из которых состоят эти молекулы. В эмпирическом исследовании невозможно иметь дело одновременно и с тем и с другим, невозможно молекулы отделить от атомов и поместить их в разные приборы, сложить их веса или объемы. Иначе говоря, с совокупностью атомов и молекул невозможно сделать то, что можно сделать по отдельности с совокупностью молекул или совокупностью атомов. Соединив в своем предствлении две формы материи к а к д в а м а т е р и а л ь н ы х (вещественных, чувственно-конкретных) о б ъ е к т а, придем к противоречию, т.е. к нарушению закона сохранения материи, так как придется удвоить ее количество (атомы + молекулы). Следовательно, такая “форма реальности”, как атомомолекулярная, не содержит одновременно и одинаковым образом свои части – атомы и молекулы. В итоге, то, что мы называем многоуровневой реальностью, и реальность одного уровня (т.е. одной формы материи) существенно различаются. Первая как форма реальности в значительной степени условна, ибо с одной половиной ее частей (атомами) можно проводить различные процедуры лишь тогда, когда уничтожается другая половина (молекулы). Зато второй вид реальности допускает проведение с его частями любых процедур. Разделение и соединение этих частей в любых пропорциях не требует уничтожения какой-

либо их половины, все они равноправны и одинаково реальны для исследователя.

Согласно описанной методологической ситуации, в объектах естественных наук следует выявлять особое, только им присущее качество и не сводить его к свойствам других объектов. Однако такой подход не соответствует установкам Э.С.Бауэра. Последний считает, что работоспособность живой материи может быть объяснена лишь ее состоянием, ее молекулярной структурой. А в формулировке "всеобщего закона биологии" утверждает: "Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях" [4, с. 43]. Как отмечает сам автор, "этот принцип имеет ясный термодинамический смысл" и потому мы вправе с полным основанием утверждать, что Бауэром осуществлена редукция биологического качества к физическому. Правда, сам Бауэр так не считает, ибо видит несхожесть процессов, за которой усматривает их явную противоположность. Например, в неживой природе термодинамическое равновесие восстанавливается при его нарушении, а в организмах живой материи постоянно стремится к неравновесному состоянию и в этом проявляет признак устойчивости.

Физика живого и физика неживого остается физикой независимо от условий ее реализации. Бауэр, а в последующем и все сторонники физикализации биологии не учитывали одного важного обстоятельства — общий метод может быть действительно общим лишь в том случае, если он применен не к какой-либо неопределенной части природы, а к ее целостным образованиям, образованиям, которые в своих границах самодостаточны, независимы, т.е. имеют в себе причину себя (*causa sui*). А таковыми, как показывают последние достижения в области концепции уровней [17], являются вполне определенные системы, имеющие свои, имманентно им присущие элементы, которые не просто исторически первичны, а являются носителями истинного качества систем.

Среди таких можно выделить следующие: метagalaktika (ее истинные элементы — элементарные частицы) — галактика (ее истинные элементы — атомы) — молекулярная небула (водородное облако) —... — биосфера (ее истинные элементы — организмы) — биоценозы (их элементы — популяции) —... и т.д. Каждое такое образование имеет свою качественную специфику, свою форму движения материи. И каждое из них устойчиво, потому что обладает самодвижением, которое пропорционально размеру систем имеет периоды круговоротов, периоды смены их полярных сил, ответственных за самодвижение (сравните период, цикл пульсации Вселенной и период жизни живого организма). Если эмпирически будем исследовать какой-либо отрезок такого круговорота, или его какое-либо локальное проявление, то будем иметь дело с энтропией или, наоборот, с антиэнтропией. Но если возьмем объект в целом, то обнаружим цикличность обоих процессов (по отдельности или

в одновременном протекании). Причем этот принцип вытекает не просто из философских умозаключений, но к нему приходят и исследователи из самых различных областей естествознания. Они обнаруживают, что антиэнтропийные процессы в неживой природе не менее распространены, чем энтропийные. И наблюдаются они и в квантовых явлениях и в метагалактических масштабах, причем явно прослеживается тенденция к их циклизации [9, с. 117–135 и др.].

Таким образом, различие термодинамики живых и неживых систем, если ее привести к общему знаменателю, не может служить критерием их качественного различия. Поэтому Э.С.Бауэр, хотя и делал заявления в своей теории об антиредукционной установке, но в конце концов закономерно оказался на позициях редукции. Это же движение повторили и современная теоретическая биология, и методология естествознания в целом. От антиредукционной установки в них также сохраняется лишь одно название (мы не анализируем в данном случае заведомо редукционные установки определенных течений в теоретической биологии и методологии естествознания). Исследователи фактически воспроизводят ту самую ошибку, которую ранее реализовал Э.С.Бауэр. А именно: он пытался в свойствах нижележащего выразить специфику вышележащего, однако показал этим в конце концов лишь количественное различие в проявлении одних и тех же законов. Показал особенности проявления одной и той же реальности в различных условиях. При этом качественная специфика законов предполагаемой высшей реальности так и осталась невыясненной.

Э.С.Бауэру казалось, что многоуровневость (т.е. множественность форм материи, форм реальности) объектов биологии не должна являться препятствием в создании биологической теории. Однако это обстоятельство оказалось главной причиной обращения автора к обобщающему абстрагированию. В последующем и все развитие теоретической биологии пошло по этому пути. По дидактическим соображениям современную теоретическую биологию делят на три основные области: формальную теорию, физическую теорию и теорию систем [15, с. 35]. Понятия и формализации любой из них независимо от того, получены ли они индуктивно или дедуктивно выведены (если дедуктивно выведенные понятия хоть чему-то соответствуют в реальности, то они могут быть получены и индуктивным путем), являются обобщающими абстракциями.

20–30-е гг. – период работы Э.С.Бауэра над своей теорией – были периодом "скороспелых" выводов из наследия классиков марксизма, периодом скоропалительных решений сложных вопросов методологии. В это время нередко и частные вопросы наук пытались решить с наскока, способом "кавалерийской атаки". О таких тонкостях теории диалектического метода, как различие обобщающего (формально-логического) понятия и диалектического, почти не вспоминали. Гораздо позже, уже в 70-е гг., когда этот вопрос был вновь поставлен в работах П.В.Копнина, Э.В.Ильенкова, К.П.Тро-

нева и других авторов, методологи естествознания продолжали его игнорировать. Подобное отношение к этой проблеме делает закономерным то обстоятельство, что в период своей творческой деятельности Э.С.Бауэр даже не сталкивался с подобной проблемой. В противном случае вряд ли бы мы сегодня имели дело с взаимоисключающими подходами к решению проблемы общей теории биологии.

В противоположность обобщающим, формально-логическим абстракциям, которые определяются классиками диалектики как абстрактно-отвлеченные, бессодержательные, существуют понятия диалектические, т.е. содержательные, или конкретные. Только последние способны отразить сущность изучаемого объекта и его качественную специфику. Формально-логические же обобщающие абстракции определяют как понятия, отражающие внешние или случайные свойства объекта. В основе их получения лежит явление схожести или подобия. Бауэр, правда, обратил внимание на сложность определения содержания понятия и даже говорил по этому поводу: "Контраст между ясностью и уверенностью, с которыми как на обыденном, так и на научном языке употребляется обозначение "живой", и трудностью и неопределенностью, равно как и достоверностью, с которыми наука пытается дать определенный и ясный смысл этому обозначению, поистине поразителен" [4, с. 21]. Однако понять источник сложности вопроса, по-видимому, не мог.

Обратимся к истокам проблемы конкретности понятий. Их следует искать еще у сенсуалистов, особенно в той материалистической тенденции (Гассенди, Гольбах, Гельвеций и др.), где выясняется "...соответствие произнесенного вслух высказывания, или мысленного суждения, самой вещи, к которой это высказывание, или суждение, относится" [5, с. 116–117]. Качественно новый этап в разрешении этого вопроса связан с немецкой классической философией. Кант исследовал условия сохранения ощущения, т.е. чувственно-конкретного в понятии и полагал, что последнее сохраняется только в эмпирическом созерцании или понятии. "Созерцание и понятие, – говорит он, – бывают или чистыми, или эмпирическими. Э м п и р и ч е с к и м и – когда в них содержится ощущение (которое предполагает действительное присутствие предмета); ч и с т ы м и ж е – когда к представлению не примешиваются никакие ощущения" [10, с. 154]. Кантовская идея единства понятия и чувственно данного трансформируется у Гегеля в фундаментальный принцип диалектики и философии – принцип конкретности понятий и философского знания. Согласно этому принципу только "в созерцании или даже в представлении предмет есть еще нечто в н е ш н е е, ч у ж д о е" [6, с. 18], однако приобщение его к всеобщности (Гегель это делает через посредство панлогизма) превращает объект не в нечто внешнее по отношению к понятию, а в содержание последнего.

Гегель в своих работах стремится отмежеваться от голых бессодержательных абстракций. "Философии, — говорит он, — вообще нечего делать с голыми абстракциями или формальными мыслями, она занимается лишь конкретными мыслями" [7, с. 210]. Он обвиняет Канта в психологизме и эмпиризме, которые разрывают познание на разрозненные ступени и, вопреки убеждению Канта, отрывают чувственное от абстрактного, а абстрактное от конкретного. Между ними нет необходимой имманентной связи и соединены они механически. Чувственное и субъективное, иронически замечал Гегель, имеют у Канта такую же связь, как нога и деревяшка, связанные веревкой. Нога от этой связи не стала деревяшкой, а деревяшка — ногой.

Почему кантовское понятие на проверку оказывается неконкретным, т.е. абстрактно-отвлеченным, бессодержательным? Почему оно не удерживает в себе чувственно-конкретное? Это нетрудно понять, если исходить из проблемы абстрагирования (под последней обычно понимается переход от знания о единичном к знанию об общем, а также результаты таких переходов).

Объекты реальности даны нам в представлении через посредство чувственного отражения, которое предполагает ощущение, восприятие, созерцание. Оно и определяет обычный эмпирический уровень положительных наук. Но это еще только начало мышления. Мышление "выс т у п а е т сначала не в ф о р м е мы с л и, а в форме чувства, созерцания, представления -- в формах, которые должно отличать от мышления как ф о р м ы" [7, с. 85]. Ощущения, восприятия всегда плюралистичны и требуют своего синтеза в представлении. Однако представление также может быть (и в эмпирии чаще всего так и бывает) неполным синтезом, т.е. не монистично, а плюралистично (отрывочные, неполные данные о реальности или представления, объединенные на основе сходства, подобия). Отсюда, полный синтез чувственных данных восстанавливает чувственно-конкретное в представлении, а неполный не воспроизводит его в соответствующем представлении. Когда чувственно-конкретное выражено полно, то через представление, через единство мышления и представления может стать снятым моментом мышления и его абстрактно-всеобщего.

Таким образом, чувственно-конкретное может быть взято отрывочно, или нецелостно, и тогда оно не будет наличествовать в представлении. Но тут важны два обстоятельства. 1. Понятие, охватывающее границы объекта (объект в целом или, что то же самое, один из моментов этого целого), не требует процедуры банального обобщения, т.е. абстрагирования от множества частей, ибо "схватывает" объект как тотальность, целостность. Не случайно К.Маркс в "Капитале" подчеркивал значение выявления границ изучаемого объекта при получении, формировании понятий о нем. "...Имманентные границы, — говорил он, — должны совпадать с самой природой капитала, с существенными определениями его понятий" [14, т. 46, ч. 1, с. 393]. 2. Чувственно-конкретное, не

представленное ни одним своим моментом (т.е. всеобщим) в синтезе восприятий, фактически ускользает из представления. Совокупность таких представлений не может восстановить чувственно-конкретное в мышлении, ибо содержит не моменты его, а набор абстракций, формирующихся на основе обобщения определенного множества (явлений, свойств, предметов (частей) и т.п.). Почему так происходит, показывает анализ особенностей генерализующей абстракции.

Обобщающая абстракция участвует в образовании научных понятий различного уровня абстрактности – от понятий, формирующихся на основе отождествления чувственно-воспринимаемых вещей, до понятий об абстрактных объектах, являющихся результатом многоступенчатого абстрагирования, в котором денотат понятия переходит от чувственно-конкретного к абстрактному объекту. Причем в такой процесс абстрагирования вносится изрядный субъективный момент. Например, при проведении процедуры обобщения в каждом отдельном случае специально оговариваются свойства, или признаки, от которых будут абстрагироваться. Определяются же эти необходимые признаки не столько в зависимости от природы объекта (и она может пониматься различно), сколько от поставленных задач исследования [1]. Другими словами, сам исследователь, исходя из своих убеждений и взглядов, определяет, какие признаки считать отражающими сущность объекта, а какие нет. Это существенный недостаток обобщающего абстрагирования, который М.А.Розов охарактеризовал следующим образом: "Понимание абстракции как процесса концентрации внимания отрицает поэто... вообще возможность логической теории абстракции" [16, с. 5].

Естественное следствие формально-логического обобщения, или обобщающего абстрагирования, – абстрактно-отвлеченные понятия. В этом процессе в движении от видовых признаков к родовым изменяются объем и содержание понятий, меняется их общность (важно различать, что содержание в формальной логике не момент сущности конкретного, а всего лишь совокупность признаков, по которым сравниваются и обобщаются предметы и явления). Изменение общности происходит за счет отбрасывания в индуктивном процессе несущественных свойств. Но несущественность определяется самой процедурой обобщения, формально отличающей сходное от несходного.

Данный вид обобщения принципиально отличается от диалектического. Он имеет дело со множеством, а диалектическое абстрагирование – только с тотальностью (у Гегеля, Маркса). Объединяя множество, обобщающее абстрагирование утрачивает в понятии конкретное, ибо денотатом понятия оказывается фактически не реальность, а опять же понятие. Уже номиналисты поняли, что каждое слово обобщает, а совокупность свойств различных объектов есть новый идеальный, т.е. вымышленный объект. Естественно, что и свойства такого объекта перестают соответствовать реальности.

Э.В.Ильенков верно заметил, что "эта тенденция ...неизбежно приходит в конце концов к отождествлению конкретного с индивидуальным "переживанием", а абстрактного – с чистой "формой мышления", т.е. со значением общего термина, "знака", языка..." [8, с. 219].

Конечно, опирающемуся на эмпирические способы обобщения Э.С.Бауэру все описания биологических явлений казались существенными, т.е. не внешними, не случайными. Раз есть общее, следовательно, есть закон, а уж закон обязательно должен быть существенным. Причем практическая проверка, подтверждающая такой закон, казалась поистине критерием достоверности, критерием соответствия реальности. И Э.С.Бауэр доказывал это. Например, в 1936 году совместно с физиком Раскиным он изучал физические закономерности умирания и смерти дрожжей и бактериальных клеток. Результат экспериментов соответствовал прогнозу Бауэра, сделанному на основе построенной им теории. Тут он столкнулся с феноменом предсказательной силы гипотетико-дедуктивных моделей, который до сих пор вызывает изумление у современных эмпириков и методологов естествознания и крепит в них уверенность в том, что имеют они дело не с пустыми общностями [18, с. 122–125].

Что же на самом деле представляют собой гипотетико-дедуктивные модели? Фактически они не отличаются от идущего от Коперника и Галилея гипотетико-дедуктивного способа решения естественно-научных проблем. С его появлением связано возникновение класса формализмов, не проверяемых эмпирически. В отличие от категории диалектики они не отражают реальности. Понятие "этот", говорил Гегель, приложимо ко всякому бытию не хуже любой категории, что, однако, не делает его категорией. Формализмы, как и категории формальной логики, являются бессодержательными, несмотря на то, что создают иллюзию оперирования с самой реальностью (недаром А.Эйнштейн говорил по поводу такого формального метода, как математика, что это совершенный современный метод, позволяющий провести самого себя за нос). В то же время бессодержательные абстракции и формализмы имеют определенный смысл, так как отражают подобие, схожесть самых различных объектов, а также субъективные моменты субъект-объектных отношений, хотя с точки зрения диалектики все это и относится к внешнему, несущественному. Причем указанное подобие может включать в себя сходство по очень многим параметрам. И эти параметры всегда будут воспроизводиться общими понятиями или законами, полученными индуктивным путем. Выведенные в неполной индукции, они в той или иной степени воспроизводят и полную и таким образом выявляют, казалось бы, не охваченные первоначально факты.

Не только эмпирически настроенным естествоиспытателям, но и философам-методологам проблема различия содержательной и бессодержательной абстракции далеко не всегда была ясной. Анализ

ее по работам классиков марксизма во всей полноте был представлен только в 70-х гг. в работах Э.В.Ильенкова (см. например, [8]). До этого считалось, что достаточно внести диалектическую (родовую) логику в эмпирический материал науки и сразу появится диалектика этой науки (видовая диалектическая логика). Апогеем этого абсурда была "новая школа в биологии" Т.Д.Лысенко и И.И.Презента. Практика показала бессилие и вредность подобного натурфилософского подхода. Однако в 60-х гг., когда эта методология начала подвергаться резкой критике, произошла всего-навсего лишь смена парадигм в рамках натурфилософского направления. Если раньше диалектическая логика вносилась непосредственно в эмпирический материал науки, то теперь она стала вноситься не так явно. Внешне общая направленность была даже изменена. Теперь в диалектику (философию) стали вноситься понятия частных наук, достигшие достаточной степени общности (они-то и считались содержательными). А затем, приобретая статус всеобщих диалектических, эти понятия вновь использовались в положительных науках. Не случайно именно в этот период, период увлечения обобщениями в науках, вновь появилось на страницах печати имя Э.С.Бауэра, и именно начиная с этого периода такие обобщающие концепции, как теоретическая биология и общенаучные методы, начали свое триумфальное шествие. Вот когда работы Бауэра получили оценку как глубоко диалектические. В методологическом плане Э.С.Бауэр опередил это время и эту трактовку общего метода.

Концепции, созданные на основе формально-логического обобщения, предлагают "...естественникам и обществоведам в качестве "методологических рекомендаций" их же собственные достижения вчерашнего дня" [22, с. 67]. Чем отличается обобщающая методология от тех примитивных схем, которые имели место в начале 20-30-х гг.? В методологическом плане это более усложненный вариант натурфилософского диктата по отношению к частным наукам. Но с точки зрения эмпирии тут продельвается известная положительная работа по обобщению частнонаучного материала.

Таким образом, метод Бауэра, как и метод всей последующей теоретической биологии, на проверку оказался одним из видов эмпирического обобщения. Причем на определенном этапе развития той или иной частной науки возникновение такого метода не просто распространенная закономерность, но и своего рода методологическая необходимость. Та редукция, которая реализуется на его основе, для научного познания довольно-таки полезная вещь.

Широкое применение в современном естествознании принципа редукции не является методологической ошибкой хотя бы уже потому, что редукционно выведенные законы в биологии, химии, физике играют важную роль в практической деятельности человека. Эта ситуация имеет естественное объяснение, когда ее рассматривают в разрезе предмета науки.

Если объектом изучения какой-либо науки является определенная форма материи, то вскрытие законов движения этой материи

требует выявления особой, только ей присущей качественной специфики. Однако эмпирическое или рассудочное выделение уровня или формы материи происходит зачастую задолго до установления объективного закона его функционирования. Политэкономия капиталистической формации, например, вплоть до работ К.Маркса, не могла шагнуть дальше аналитического метода, не позволившего ей вскрыть действительные законы развития капитализма. Только в положительной диалектической науке, специальной науке о конкретной реальности вскрывается качественная специфика предмета, выявляются его противоположности и законы их движения. Но и тогда, когда еще не установлена качественная специфика предмета науки, требуются эффективные методы и средства описания явлений (феноменологическое описание). И они имеются. В арсенале таких средств в методологии современной науки редукция неизвестного к известному является одним из наиболее эффективных. Так, известно, что уровень элементарных частиц является носителем электромагнитных свойств (качество). Однако ими же объясняют специфику и атомов, и молекул (химическая форма движения), и макромолекул (в биофизике и биохимии). То, что каждый из этих редукционно описанных уровней имеет свои особенности в проявлении электромагнитных свойств, нисколько не умаляет того факта, что свойства (качества) эти остаются электромагнитными. Трудно даже представить себе, как могло бы обойтись естествознание на данном этапе своего развития без такой редукции.

Помимо описательной, феноменологической функции, которую выполняет редукция, она может выступать и основным методом построения теории в некоторых науках. Если исключить из рассмотрения абстрактные науки (математику, кибернетику, формальную логику и т.п.), то науки, изучающие природу, можно разделить на две большие группы: 1) науки, изучающие ту или иную форму материи как целое; 2) науки, изучающие отдельные аспекты или фрагменты форм материи и отношения этих форм. Вторая группа наук опирается на редукцию как на основной метод. Для наук, исследующих отдельные аспекты или фрагменты форм материи, это будет интертеоретическая редукция. Для исследующих отношения форм – интердисциплинарная.

Взаимодействие двух форм движения проявляется в первую очередь в том, что с возникновением высшей количественно изменяется функция элементов низшей. Науки, изучающие это изменение, исходя из того, что имеют дело со свойствами, занимающими как бы промежуточное положение между свойствами смежных уровней (например, биофизика, биохимия и т.п.). Естественно, что объекта, несущего биофизическое или биохимическое качество, нет. Обе научные дисциплины изучают поведение интегрированных в организм макромолекул с точки зрения физических или химических законов. Практическая необходимость этих дисциплин доказана уже практикой, а редукционное сведение в данном случае играет неоценимую роль. Но макромолекулярная форма движения как

специфическая форма движения биологической организации имеет свои качественно отличные законы и должна изучаться особой дисциплиной. По отношению к последней биофизика и биохимия, с одной стороны, могут выступать в качестве предварительного, феноменологического описания объекта, а с другой — в качестве самостоятельных дисциплин, играющих важную роль в практической жизни людей.

Необходимо иметь в виду, что в частных науках помимо решения вопросов, характеризующих поведение их объектов как целостных, или тотальных, имеется масса вопросов частного порядка, затрагивающих частные закономерности, а также вопросов, затрагивающих сходство процессов в совершенно различных областях реальности. Как то, так и другое одинаково важно для практической деятельности людей, хотя для решения одних практических вопросов необходимы будут эмпирические теории, а для других — всеобщие и конкретные.

Подводя общий итог, можно сказать, что творческая активность Э.С.Бауэра пришлась на период, когда в области методологии естествознания господствовали натурфилософские тенденции, причем самые грубые — прямое применение категорий диалектики к эмпирическому материалу наук. Естественно, что ничего кроме вреда ни естествознанию, ни биологии они не приносили. Бауэр был одним из тех немногих теоретиков, которые в поисках общей методологии не поддались влиянию этого популярного, но крайне примитивного направления. Тот способ создания общей теории, к которому он пришел, был, как выяснилось, одним из видов эмпирического способа обобщения. Конечно, такой способ в теоретической биологии не мог вскрыть сущности живого, ибо касался лишь ее внешних, несущественных проявлений. Однако он был закономерным этапом в развитии теории частных, или положительных, наук. Автор “Теоретической биологии” опередил свое время. Он использовал метод, который стал прототипом той исходной установки в исследовании объектов науки, которой в последующем придерживалась теоретическая биология и даже естествознание в целом. Но Бауэр был не только пионером этого направления. Им был поставлен ряд вопросов, которые могли быть решены только с позиций диалектического материалистического метода (они не решались с позиций эмпирического естествознания). И не его вина в том, что разработка этого последнего в силу ряда объективных причин тормозилась в 20-е и 30-е годы. Только в 70-е гг. появились работы, объясняющие примитивность устоявшегося понимания диалектической методологии. В итоге, мы сегодня сталкиваемся с такой ситуацией, когда современная теоретическая биология не сделала качественного скачка и не намного ушла вперед по сравнению с исходными работами Э.С.Бауэра. Ни усиление степени формализации ее теорий, ни привлечение иных формализованных методов для

решения ее проблем не приблизило к пониманию формы движения живой материи, к пониманию ее качественной специфики, отличной от специфики любых нижележащих уровней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абстракция//Философская энциклопедия. Т. 1. М.: Советская энциклопедия, 1960. С. 12-16.
2. Алексеев П.В., Ильин А.Я. Принцип партийности и естествознание. М.: Изд-во Московского ун-та, 1972.
3. Аристотель. Сочинения в 4-х томах. Т. 1. М.: Мысль, 1975.
4. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.-Л.: Изд-во ВИЭМ, 1935.
5. Гассенди П. Сочинения в 2-х томах. Т. 1. М.: Мысль, 1966.
6. Гегель Г.В.Ф. Наука логики. Т. 3. М.: Мысль, 1972.
7. Гегель Г.В.Ф. Энциклопедия философских наук. Т. 1. М.: Мысль, 1974.
8. Ильенков Э.В. Диалектическая логика. М.: Политиздат, 1984.
9. Исаев И.Т. Диалектика и проблема развития. М.: Высшая школа, 1979.
10. Кант И. Сочинения в 6-ти томах. Т. 3. М.: Мысль, 1964.
11. Ксенофонтов В.И. Диалектический материализм и научное познание. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1981.
12. Леске М., Редлов Г., Штилер Г. Почему имеет смысл спорить о понятиях? М.: Политиздат, 1987.
13. Любищев А.А. Редукционизм и развитие морфологии и систематики//Журн. общ. биологии. 1977. Т. 38. № 2. С. 245-263.
14. Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. 2-е изд.
15. Моравиц Г. Исторический очерк//Теоретическая и математическая биология. М.: Мир, 1968. С. 34-47.
16. Розов М.А. Научная абстракция и ее виды. Новосибирск: Наука, 1965.
17. Семенов В.В. Логико-методологические основания классификации уровней материи. Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. филос. наук. М., 1988.
18. Семенов В.В. Спорные вопросы метода в естественно-научном исследовании. Путь, ведущий в тупик. Деп. в ВИНТИ. № 6903 -В89 от 15.XI.89.
19. Семенов В.В. О научном статусе философии//Философские науки. 1990. № 3. С. 104-106.
20. Токин Б.П. Теоретическая биология и творчество Э.С.Бауэра. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1963.
21. Уотермэн Т. Проблема//Теоретическая и математическая биология. М.: Мир, 1968. С. 11-33.
22. Фролов А.К. Восхождение к конкретному//Коммунист. 1989. № 10. С. 59-69.
23. Югай Г.А. Общая теория жизни. М.: Мысль, 1985.

СТРУКТУРНАЯ ЭНЕРГИЯ Э.БАУЭРА И КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Л.Г.Охнянская, Э.Л.Спектор

Структурная энергия, понятие с которой было сформулировано Э.Бауэром в середине 30-х гг., является фундаментальной основой современных представлений о "живой" материи [2]. Хорошо увязываются между собой концепции структуры как определенного типа взаимодействия между различными элементами, и развитые Э.Бауэром аналогии с деформированными молекулярными решетками, избыточная энергия которых напрямую

связана с числом и величиной соответствующих локальных деформаций.

Вместе с тем нам представляется, что говорить о структурной энергии в отрыве от механизма образования и поддержания связанных с ней устойчивых структурных связей — значит, лишить проблему ее сути и уйти от основополагающей концепции о реализации "живого" с помощью комплекса устойчиво неравновесных состояний. Концентрация внимания на этой мысли Э.Бауэра — это не только дань уважения к ученому, но и попытка связать его представления с идеями доминантной теории А.А.Ухтомского [6], концепцией об определяющей роли движения, "физиологией активности" Н.Бернштейна [3], И.Аршавского [1] и пропагандируемого нами колебательно-волнового подхода [4, 5].

Простейшая качественная модель взаимодействующих между собой элементов формируется нами с помощью математического аппарата, обычно применяемого для описания временных эволюций молекулярных систем:

$$\frac{\partial X_i}{\partial t} = - \sum_j K_{ij} (X_i - \theta_{ij} X_j) + \beta_i X_i W, \quad (1)$$

где X_i — величины, характеризующие состояние элементов; K_{ij} — структурные переменные коэффициенты, определяющие степень их связанности между собой; θ_{ij} — параметры, устанавливающие соотношение между состояниями элементов при наличии сильных связей.

Динамика поведения таких систем определяется потоком энергии (W), которая усваивается ими из окружающей среды, причем ограничения на амплитуду X_i устанавливаются обычно через эффекты насыщения типа:

$$\beta_i = \frac{\beta_{i0}}{1 + X_i / X_{i0}}. \quad (2)$$

В этом случае неограниченное возрастание X_i становится невозможным из-за возникновения баланса между подводом энергии $\beta_i X_i W \rightarrow \beta_{i0} X_{i0} W$ и диссипацией:

$$\beta_{i0} X_{i0} W = K_{ij} X_{i0},$$

где K_{i0} — скорость саморелаксации i -го элемента.

Однако сами по себе уравнения (1) со всеми дополняющими их связями тривиальны и недостаточны для адекватного описания биологических систем, если схема взаимодействия элементов (K_{ij}), будет задаваться извне, независимо от самих значений X_i .

Нам представляется, что связи между различными биоэлементами должны устанавливаться в результате активных действий биообъекта (накопления им активного опыта [3]). Поскольку действие может привести к достижению положительного результата только при скоррелированности поведения отдельных элементов, уравнения

движения для структурной матрицы (K_{ij}) должны содержать в качестве источниковых членов парные корреляции вида: $X_i X_j$, т.е.

$$\frac{\partial K_{ij}}{\partial t} = \alpha_{ij} X_i X_j - \frac{K_{ij}}{\tau_{ij}}, \quad (3).$$

где τ_{ij} – времена релаксации (распада) связей.

В этом случае:

$$K_{ij}(t \rightarrow \infty) = e^{-t/\tau_{ij}} \int_0^t \alpha_{ij} X_i X_j e^{\theta/\tau_{ij}} d\theta,$$

а это означает, что каждая реализация скоррелированного действия $\int_0^T X_i X_j dt > 0$ (t – время продолжительности действия) приведет к росту K_{ij} , а, следовательно, к увеличению степени корреляции между биоэлементами, в чем мы и видим связь с подходом И.Аршавского [1].

Таким образом, в биосистемах возникают группы связанных элементов и накапливается избыточная энергия, соответствующая этим связям, что, по-видимому, адекватно представлениям о механизмах образования доминантных очагов, развитым А.А.Ухтомским [6]. Формирование новых устойчивых групп определяется схемой:

- 1) поиск способов реализации направленного действия – пробы различных вариантов соединения биоэлементов в группы;
- 2) реализация одного из возможных вариантов соединения;
- 3) закрепление и совершенствование структуры посредством периодического повторения действия и увеличения скоррелированности внутри каждой группы.

Необходимо отметить, что обозначенные процессы заметно интенсифицируются, если скорости саморелаксации состояний биоэлементов (K_{ij}) не слишком велики и они образуют систему, имеющую набор собственных частот колебаний.

Накопленный экспериментальный материал свидетельствует в пользу того, что природа не обошла такого способа организации биосистем [4, 5]. Влияние частоты внешних воздействий в ряде случаев существенно превосходит влияние амплитуд, и трудно себе представить ситуацию, когда такое было бы возможно по отношению к системам, не обладающим колебательными степенями свободы.

С позиций колебательно-волнового подхода выглядят более естественно и становятся более понятными механизмы формирования управляющих воздействий на связанные в группы биоэлементы (частотная кодировка) и сам механизм достижения значительных корреляций между ними (синхронизация и резонанс).

На языке колебаний: структурная энергия Э.Бауэра – это энергия связи скоррелированных (синхронизированных) биоэлементов. В рамках представлений А.А.Ухтомского – это энергия доминантных

очагов, нарастающая в результате осуществления направленного поведения и ограниченная эффектами нелинейного насыщения.

Таким образом, приведенный материал свидетельствует, что в результате целенаправленной деятельности автоколебательная система способна переходить на более-высокий уровень организации. Взаимодействие колебательно-волновых процессов биосистемы позволяет достигнуть высокой степени коррелируемости ее элементов, в пределе максимума, путем полной их синхронизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. М.: Наука, 1982.
2. Бауэр Э. Теоретическая биология. Л.: ВИЭМ, 1935.
3. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1920.
4. Охнянская Л.Г., Мишин В.П. О роли колебательных и волновых процессов в жизнедеятельности организма//Физиологическая кибернетика (Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по физиологической кибернетике). Изд. Всесоюз. физиол. об-ва им. Павлова. М.: 1981.
5. Охнянская Л.Г., Мишин В.П., Спектор Э.Л. Развитие А.А.Ухтомским идеи теории нелинейных колебаний в области физиологии//Учение А.А.Ухтомского о доминанте и современная нейрофизиология. Л.: Наука, 1991.
6. Ухтомский А.А. Собр. соч. В 5-ти т. Л.: Изд-во ЛГУ. 1951-1954.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ВТОРОГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ, ПРИНЦИПОВ УСТОЙЧИВОЙ НЕРАВНОВЕСНОСТИ БАУЭРА-ВЕРНАДСКОГО И ИНФОРМАЦИИ

Б.Е.Большаков, В.В.Минин

Второе начало термодинамики и устойчивая неравновесность

Знаменитое второе начало термодинамики, сформулированное еще в 1864 г. Р.Клаузиусом, по праву считается одним из более общих законов природы. Уровень общности этого закона того же порядка, что и законов сохранения. Однако в отличие от последних второе начало характеризует не постоянное в процессе, а тенденцию изменения и может быть охарактеризовано как закон развития. Неудивительно поэтому, что были предприняты многочисленные попытки получения на его базе содержательных утверждений, относящихся к разнообразным развивающимся, эволюционирующим системам, в том числе и социальным [1-4].

Существует целый ряд достаточно разнородных формулировок второго начала термодинамики [7-9]. К числу наиболее математически строгих следует отнести энтропийное [7, 8] и свободнo-энергетическое (эксергетическое) [9] выражение этого принципа. Поскольку авторы разделяют мнение Дж. фон Неймана о том, что "никто не знает, что же такое в действительности энтропия" [10, с. 180], то они будут в настоящей работе использовать фор-

мулировку второго начала в терминах свободной энергии, аналогичную [9, с. 22].

Свободная энергия системы, взаимодействующей с окружающей средой, остается неизменной при обратимом проведении всех процессов как внутри нее, так и при взаимодействии со средой, и уменьшается, если любой из этих процессов проходит необратимо. При этом предполагается, что в окружающей среде нет источников свободной энергии, но существует тот внешний объект, которому система отдает работу.

Система + окружающая среда здесь представляют собой изолированную систему, упорядоченную таким образом, что все источники свободной энергии локализованы в системе, а энергетическое состояние окружающей среды идентифицировано с нулевым уровнем.

Можно показать [20], что в терминах свободной энергии второе начало термодинамики представимо в виде

$$\begin{cases} 0 = d(E'' + \Delta E) + dD_1 \\ D_1 = D - E' \\ dD \geq 0, \end{cases} \quad (1)$$

где E' и E'' – подводимая к системе и отводимая от нее свободная энергия, соответственно; ΔE – изменение свободной энергии системы между начальной и конечной точками процесса; D – потери (диссипация) свободной энергии вследствие необратимости процессов.

Из (1) следует, что при $dE' > dD$ (т.е. при $dD_1 < 0$) величина $E'' + \Delta E$ возрастает и система движется, удаляясь от состояния термодинамического равновесия, соответствующего минимуму свободной энергии $E'' + \Delta E$. Эта величина $E'' + \Delta E$ может интерпретироваться как свободная энергия, которой располагает система, что особенно очевидно для живых объектов.

Если исследуемая система является живой (например, живым организмом), то свободная энергия E' соответствует свободной энергии, извлекаемой вместе с пищей, а $E'' + \Delta E$ – тому, что Э.С.Бауэр назвал свободной энергией структуры, идущей на поддержание самой структуры организма и опосредовано через ее деструкцию (с последующим восстановлением) на совершение внешней работы [5].

Однако следует иметь в виду, что системы, для которых

$$dE' > dD, \quad (2)$$

вовсе не обязательно являются живыми. К этому классу могут быть отнесены многочисленные неживые проточные системы, в которых может проявляться эффект “самоорганизации” типа образования при термодиффузии широко известных ячеек Бенара. Системы, в которых выполняется (2), с необходимостью являются неравновесными, т.е. обладают способностью произ-

водить работу (на базе свободной энергии). Их неравновесность сохраняется лишь пока продолжается подкачка свободной энергии извне. Особый подкласс этих систем могли бы составить те объекты, которые используют исходящую из них и накапливаемую в них свободную энергию $E'' + \Delta E$ для такой организации входного потока свободной энергии E' , чтобы поддержать выполнение неравенства (2).

Э.С.Бауэром было установлено, что именно описанное выше свойство самоподдержания является одним из фундаментальных атрибутов живого. Оно было им названо "принципом устойчивого неравновесия" [5].

Таким образом, устойчиво неравновесные системы должны располагать теми или иными механизмами, приспособлениями, которые позволяли бы постоянно реализовывать такое соотношение между величинами E' и D , чтобы выполнялось неравенство (2).

Информационные механизмы поддержания устойчивой неравновесности

Как было показано выше, сущностным вопросом для устойчиво неравновесных систем становится вопрос о контроле за притоком свободной энергии от внешних источников и за потерями свободной энергии (степенью необратимости процессов в системе).

Остановимся на вопросе о внешних источниках. Сам факт их наличия свидетельствует о неоднородности внешнего по отношению к системе пространства относительно стандартного нулевого уровня окружающей среды, относительно которого осуществляется отсчет свободной энергии. Вообще можно говорить о своеобразной свободноэнергетической карте среды, ставящей в соответствие каждой пространственной координате величину свободной энергии источника, расположенного в этой точке. Будучи помещенным случайным образом в некоторую точку внешнего пространства, объект (представляющий собой устойчиво неравновесную систему) будет осуществлять эксплуатацию локального источника свободной энергии с целью реализации своего сущностного свойства. Предполагая систему "источник + объект" изолированной, нетрудно убедиться в том, что рано или поздно наступит при необратимости процессов истощение источника свободной энергии. За немногочисленными исключениями, например, солнечного излучения, это истощение наступает за интервал времени, соизмеримый со временем существования объекта. Дальнейшая реализация сущностного свойства (2) устойчиво неравновесного объекта будет возможна, очевидно, лишь за счет подключения его к новым внешним (по отношению к нему) источникам свободной энергии.

Схема взаимодействия устойчиво неравновесного объекта с источником свободной энергии в потоковой форме представлена на

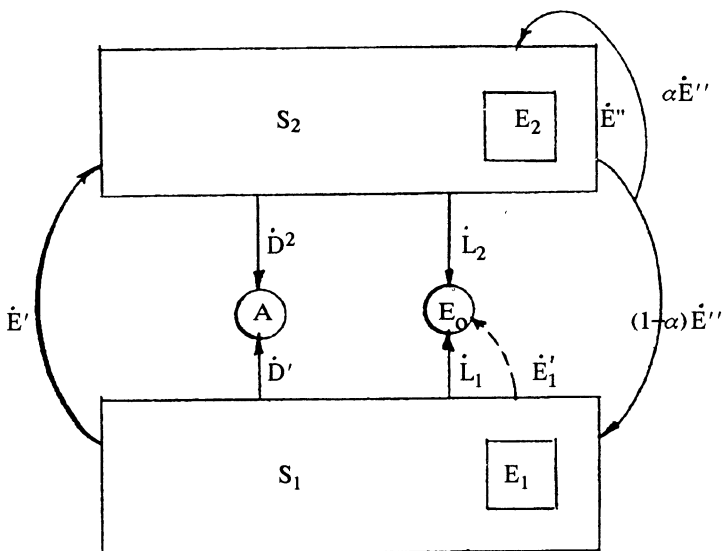


Рис. Потокоская схема взаимодействия устойчиво неравновесного объекта S_2 с источником свободной энергии S_1

рисунке. Для устойчиво неравновесного объекта S_2 предполагается выполняющимся неравенство (2) или в потоковой форме

$$\dot{D}^2 - \dot{E}' < 0,$$

где точкой обозначена производная по времени от существующей функции, $\dot{D}^2$ – потери свободной энергии вследствие необратимости процессов в S_2 .

Объект S_1 представляет собой физически “нормальную” систему, для которой неравенство (2) нарушено. Объекты S_1 и S_2 обмениваются потоками свободной энергии. Из S_1 в S_2 поступает поток свободной энергии $\dot{E}'$, преобразуемый в S_2 с КПД, равным η , в полезную мощность $\dot{E}''$. При этом происходит некоторая диссипация свободной энергии, что изображено на рисунке потоком потерь свободной энергии $\dot{D}^2$ (потока энергии [9]). Часть свободной энергии в объекте S_2 составляет поток не утилизируемых в нем потерь $\dot{L}_2$. Полезная мощность $\dot{E}''$ делится на две части:

1) доля $\dot{E}''$, затрачиваемая внутри объекта S_2 (например, на поддержание его структуры, поддержание и увеличение КПД и др.), равная $\alpha\dot{E}''$:

$$0 \leq \alpha \leq 1,$$

2) доля $\dot{E}''$, поступающая на объект S_2 в качестве воздействия, служащего для извлечения потока свободной энергии $\dot{E}'$ и равная $(1-\alpha) \cdot \dot{E}''$.

Кроме описанных потоков, характеризующих движение свободной энергии через объект S_2 , в нем происходит еще изменение его собственной свободной энергии E_2 , характеризуемое потоком $\dot{E}_2$ (на рисунке не показан).

Уравнение баланса свободной энергии для S_1 , следовательно, имеет вид:

$$E' = D^2 + E_2 + E'' + L_2$$

или в потоковой форме, получающейся формально дифференцированием по времени обеих частей этого соотношения

$$\dot{E}' = \dot{D}^2 + \dot{E}'' + \dot{L}_2 + \dot{E}_2.$$

Вообще говоря, возможна и иная схема функционирования объекта S_2 , а именно, поток E' первоначально преобразуется в собственную свободную энергию E_2 , которая далее по буферному принципу преобразуется в поток E'' . По-видимому, такая схема ближе ситуации, имеющей место в живых системах (см. понятие так называемой "свободной структурной энергии" в [5]). Тогда уравнения свободнoэнергетического баланса для S_1 примут вид:

$$\begin{cases} \dot{E}' = \dot{D}^2 + \dot{E}_2 \\ \dot{E}_2 = \dot{L}_2 + \dot{E}'' \end{cases}$$

В результате воздействия потоком $(1-\alpha) \cdot \dot{E}''$ на объект S_1 из него высвобождается поток свободной энергии $\dot{E}'$, служащий для "питания" устойчиво неравновесного объекта S_2 . При этом поток $(1-\alpha) \cdot \dot{E}''$ играет регулятивную роль, направляя априори запасенную энергию E_1 на вход S_2 в виде потока E' . При этом отношение потоков $\xi = \dot{E}' / (1-\alpha) \cdot \dot{E}''$, как правило, намного больше единицы (в отличие от $\eta = \dot{E}'' / \dot{E}'$, которая в случае небуферной схемы всегда меньше единицы).

Уравнения свободнoэнергетического баланса для S_1 , разбиваются на два соотношения:

во-первых, уравнения основного контура, характеризующего добычу свободной энергии E' :

$$\dot{E}_1 = \dot{E}' + \dot{E}_1',$$

где E_1 — собственная свободная энергия S_1 , характеризующая запасы энергии в этом объекте; E_1' — часть свободной энергии, извлекаемая из S_1 и теряемая, т.е. по тем или иным причинам не попадающая на вход S_2 ;

во-вторых, уравнение регулирующего контура, характеризующее в энергетическом отображении регулятивную функцию, на которую расходуются поток $(1 - \alpha) \cdot E''$:

$$(1 - \alpha) \cdot E'' = \dot{D}' + \dot{L}_1,$$

где D' – потери свободной энергии в регулирующем контуре; L_1 – потери свободной энергии $(1 - \alpha) \cdot E''$, не утилизируемые в регулирующем контуре.

Потоки $\dot{D}'$ и $\dot{D}^2$, суммируясь, приводят к накоплению во всей системе энергии A , а потоки $\dot{L}_1$ и $\dot{L}_2$ – к накоплению неutilизированной свободной энергии отходов E_0 .

Рассмотренная структура позволяет легко увидеть стратегические направления эволюции устойчиво неравновесных систем в условиях ограничений на E_1 (т.е. на источники свободной энергии).

1. Повышение КПД η преобразования E' в E'' , что позволяет дольше эксплуатировать источник свободной энергии. Это может осуществляться как за счет уменьшения степени необратимости процессов в S_2 (уменьшение $\dot{D}^2$), так и за счет сокращения потока потерь L_2 . Последнее, в частности, имеет место и при нахождении путей утилизации отходов.

2. Повышение величины α , что сопряжено с сокращением расходов свободной энергии в S_2 , на внутрискруктурные нужды, повышением доли свободной энергии, идущей на внешнюю активность.

3. Повышение величины ξ , что связано с рационализацией технологии добычи свободной энергии E' .

4. Уменьшение потерь E'_1 , L_1 и диссипации D' .

Как видим, эти пути эволюции связаны как с совершенствованием самого устойчиво неравновесного объекта, так и условий его бытия во внешней среде. По-видимому, они и были реализованы в ходе развития жизни на Земле, обеспечивая ее неисчерпаемый творческий потенциал, как в области самосовершенствования, так и изменения среды обитания.

Необходимость использования все новых и новых внешних источников требует реализации процедуры поиска в пространстве. Нетрудно видеть, что поиск связан с необходимостью отражения в каких-либо структурах устойчиво неравновесного объекта разнообразия среды с точки зрения локализации свободной энергии. Как показано в работе [12] на базе единства отражения и разнообразия возникает такое концептуальное представление об информации, которое "в той или иной степени охватывает все информационные процессы".

Э.С.Бауэр отмечал, что в устойчиво неравновесной системе "должны быть приспособления, которые превращают работоспособность системы при неизменной окружающей среде в работу против равновесия, которое наступило бы при данной окружающей среде и при данном состоянии системы" [5, с. 36]. Организация процедуры

поиска новых источников свободной энергии, по-видимому, также должна быть возложена на эти приспособления.

Таким образом, на базе сущностных свойств устойчиво неравновесных систем возникают объективные предпосылки для образования в таких системах информационных (т.е. работающих с информацией) приспособлений, структур.

Результаты поиска приводят в случае успеха к обнаружению источника свободной энергии и далее требуется этап формирования такого поведения устойчиво неравновесного объекта, которое дало бы ему доступ к обнаруженному источнику. Сам вид этого поведения, конечно же, определяется спецификой конкретного объекта и среды [11]. Однако, в любом случае, данное обстоятельство свидетельствует о том, что устойчиво неравновесные объекты могут получить адекватное описание не как просто динамические, но как кибернетические системы, т.е. такие, "в которых изменение состояния определяется, помимо тех причин, которые лежат в основе эволюции динамических систем, еще и некоторым целенаправленным воздействием, которое вырабатывается самой системой" [13, с. 54]. Это означает, по существу, наличие управления или самоуправления в таких системах.

Данное общее положение, относящееся к устойчиво неравновесным структурам, безусловно сохраняет силу и для такого подкласса их наиболее ярких представителей, как биологические системы. Такие выдающиеся ученые, как Н.В.Тимофеев-Ресовский и А.А.Ляпунов обращали внимание на то, что теоретическая биология должна состоять из двух частей — физико-химической, концентрирующейся на изучении физико-химической природы элементарных актов жизнедеятельности, и кибернетической, исследующей функционирование биосистем, исходя из их структуры и сведений о свойствах элементов [14].

Как и в любых управляющих системах, в управляющих приспособлениях устойчиво неравновесных систем можно выделить датчики, информационно-логические устройства или устройства логического вывода, исполнительные устройства. Из проведенного выше анализа достаточно очевидна чрезвычайная важность информационно-управляющих структур для существования устойчиво неравновесных систем. Это находит подтверждение и на биологическом материале, в частности, с точки зрения эволюционного подхода, поскольку информационно-управляющие механизмы живых организмов явились объектом жесткого эволюционного отбора и дали такие сверхсложные образования, как органы чувств высокоорганизованных животных, мозг, человеческая рука [6, 11, 15].

Задача поиска источников свободной энергии является сущностно главной, но далеко не единственной проблемой, которую призваны решать информационно-управляющие приспособления устойчиво неравновесных систем. Однако эти другие задачи, вообще говоря, могут возникать у одного конкретного типа устойчиво неравновесных систем и могут отсутствовать у другого. Рост количества и

сложности этих задач приводит соответственно к усложнению информационно-управляющих механизмов.

Схема на рисунке дает возможность выделить общие стратегические направления развития устойчиво неравновесных систем, согласующиеся с необходимостью обеспечения их сущностного условия существования (2).

Во-первых, может развиваться система поиска источников свободной энергии E_1 . Этот путь уже обсуждался нами выше. Он, в частности, приводит к удлинению и усложнению трофических цепей живых гетеротрофных организмов.

Во-вторых, развитие может пойти по пути увеличения эффективности использования свободной энергии источника (т.е. увеличения КПД η). Для биологических систем данное направление развития проявляется в интенсификации процесса метаболизма на базе старых соединений (см., например, [6, с. 80]). Сюда же можно отнести и известное усложнение лиственной системы в условиях затененного леса, позволяющее повысить эффективность использования падающего солнечного потока.

В-третьих, возможно качественное изменение физических и химических процессов, позволяющих использовать свободную энергию прежде недоступных источников. То, что раньше считалось отходом, не содержащим доступной свободной энергии, может оказаться источником "питания". Пример этого направления развития — широко известное в биологии расширение спектра питательных веществ, используемых живыми организмами. И, конечно, все три перечисленные главные направления эволюции устойчиво неравновесных систем ведут к возможно большей при данных условиях устойчивости их неравновесности, т.е. к устойчивому выполнению соотношения (2) — условия, с необходимостью возникающего в открытых (проточных) системах с накачкой энергии.

Как мы видели, сущностная сторона бытия устойчиво неравновесных систем связана с обнаружением, получением доступа и использованием (преобразованием) свободной энергии внешних источников. Недостаток и неравномерность распределения этих источников в пространстве со дают предпосылки того, что применительно к биологическим объектам получило название "эволюции" [6], которая в терминах исследуемого нами среза реальности (в "энергетическом измерении") может интерпретироваться как развитие механизмов, обеспечивающих поддержание устойчивой неравновесности в конкретных, возможно меняющихся, условиях. Возникновения информационно-управляющих структур подготавливаются естественными условиями бытия устойчиво неравновесных систем. В этой связи может быть дан предварительный ответ на вопрос: "Когда же в процессе развития материального мира начинают "работать" собственно кибернетические механизмы развития" [16, с. 272]. Проведенное здесь обсуждение свидетельствует, что условия для возникновения этих механизмов возникают в устойчиво неравновесных системах.

Условия конкуренции за источники свободной энергии и борьба с врагами (хищниками) являются мощным стимулом развития информационно-управляющих структур устойчиво неравновесных систем, что убедительно показано многими исследователями на биологическом материале [6, 13].

Таким образом, осознается определяющее значение блоков принятия решений, блоков управления для эволюционирующих неравновесных структур. Как мы видели, сущностным для устойчиво неравновесных систем является необходимость теми или иными способами обеспечивать преобладание притока свободной энергии над ее диссипацией [6]. Информационно-управляющие блоки, включенные в определенную структуру принятия решений (контур управления), главным своим назначением имеют обеспечение этого условия. Конечно, по мере усложнения структур (как это имеет место в живых организмах) у системы управления возникает и целый ряд вспомогательных, согласующих, диспетчерских и прочих функций, но агрегируются они упомянутой выше генеральной задачей.

Второй биогеохимический принцип В.И.Вернадского и устойчивая неравновесность

Второй биогеохимический принцип В.И.Вернадского устанавливает, что "действием живого вещества на земной поверхности создается мощное развитие свободной энергии, способной производить работу, и, соответственно, производящей огромные изменения химические и физические на нашей планете... Эта биогенная энергия находится как в действенном состоянии, способном производить работу, так и в пассивном (потенциальном), которое может переходить и постоянно переходит в действенную форму. Действенная форма выражается в биогенной миграции атомов" [17, с. 263].

Суть второго биогеохимического принципа В.И.Вернадского состоит в том, что "эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы" [17, с. 262], т.е. по существу имеет место рост в ходе эволюционного процесса "действенной формы" свободной энергии биогенной или свободной энергии биосферы.

Этот общий принцип принимается современными исследователями. В полном соответствии с ним находится энергетический принцип экстенсивного развития [6]. Сходные положения высказываются и в работе [18, с. 456], где утверждается, что "процессы эволюции приводят к усилению эксплуатации окружающей среды".

В работе [11] показано, что естественный отбор в условиях ограничения возможного ареала, вовлекаемого в биологические

превращения вещества, интенсивности потока энергии, поступающей в эволюционирующую систему, с высокой скоростью усиливает незначительные различия в кинетическом совершенстве разных форм. Последнее определяет скорость преобразования веществ среды в вещества той или иной формы (живой, а вообще говоря, устойчиво неравновесной системы). Этот все ускоряющийся процесс (тождественный с понятием "биоэнергетической миграции атомов") идет за счет использования свободной энергии, освобождающейся при каком-либо сопряженном экзергоническом процессе, которой требуется все больше по мере увеличения масштабов миграции элементов.

С учетом соотношения (1) второй биогеохимический принцип В.И.Вернадского означает рост в ходе эволюции величины $E'' + \Delta E$ для живого вещества биосферы (в соответствии с [6] это имеет место и для иных надорганизменных систем), а значит, и усиление неравенства в (2).

Если принцип В.И.Вернадского характеризует в целом поведение величины $E'' + \Delta E$, то Э.С.Бауэром были высказаны соображения относительно эволюции отдельных компонентов этой суммы в ходе биологического развития для отдельных особей — представителей разных видов. Его выводы могут быть проинтерпретированы как свидетельства роста в ходе эволюции организмов относительной доли в этой сумме величины E'' . По его данным, например для одноклеточных (парамеций), отношение $E''/(E'' + \Delta E) < 0,01$, а для человека это же отношение составляет уже 0,5 [5, с. 72]. Эти выводы подтверждают и более поздние исследования. Так, в соответствии с [19], эволюционная тенденция проявляется в минимизации метаболической цены, которая измеряется энергией, расходуемой на поддержание и образование структуры.

В свете проведенного выше обсуждения роли информационно-управляющих структур в устойчиво неравновесных системах последние данные не вызывают удивления, ибо свидетельствуют о возрастании доли свободной энергии (превратимой в работу), направленной вовне, в окружающую среду для обеспечения реализации "принятых" системой управления "решений". Иными словами, можно говорить о росте энерговооруженности системы управления, ее исполнительных (а возможно, и иных) органов.

Второй биогеохимический принцип В.И.Вернадского сам по себе ничего не говорит о тенденциях в энергетической нагруженности единицы живого вещества (организма). Однако естественные ограничения по питательным веществам приводят к необходимости в ходе эволюции отойти от пути ценогенеза (от тормозящего, отрицательного фактора развития в условиях ограничения на ресурсы). При этом определяющую роль в прогрессивной эволюции начинают играть ароморфозы, каждый этап которых характеризуется более высоким кинетическим совершенством организма — носителя ароморфоза [11], а значит, и его "энерговооруженности".

ЛИТЕРАТУРА

1. Coleman J.C. Introduction to mathematical sociology. Illinois: The Free Press, 1964.
2. Latané B. The psychology of social impact//American Psychologist, 1981. V. 36. No 4. P. 343-356.
3. Georgesky-Roegen N. The entropy law and the economic process. Cambridge. Ma: Harvard Univ. Press. 1971.
4. Голубенцев А.И. Термодинамика процесса производства. Киев: Техника, 1969.
5. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.-Л.: 1935.
6. Печуркин Н.С. Энергия и жизнь. Новосибирск: Наука, 1988.
7. Новиков И.И. Термодинамика. М.: Машиностроение, 1984.
8. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 4. Кинетика. Теплота. Звук. М.: Мир, 1965.
9. Бродянский В.М., Фратшер В., Михалец К. Эксергетический метод и его приложения. М.: Энергоатомиздат, 1988.
10. Tribus M., Mc Irvine E. Energy and Information//Scientific American. 1971. No 3. P. 179-188.
11. Шноль С.Э. Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979.
12. Урсул А.Д. Проблемы информации в современной науке: Философские очерки. М.: Наука, 1975.
13. Мусеев Н.Н. Логика универсального эволюционизма и кооперативность//Вопр. философии. 1989. № 8. С. 52-66.
14. Маленков А.Г. Гомеостаз и конвариантная редупликация (об основаниях теоретической биологии)//Онтогенез. Эволюция. Биосфера. М.: Наука. 1989. С. 30-44.
15. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. Кн. 2. М.: Наука, 1977.
16. Крушанов А.А. К вопросу о природе управления//Информация и управление: философско-методологические аспекты. М.: Наука, 1985. С. 241-273.
17. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1987.
18. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Наука, 1979.
19. Cook E. The flow of energy in an industrial society//Scientific American. 1971. No 3. P. 135-144.
20. Большаков Б.Е., Минин В.В. Взаимосвязь вещественных, энергетических и информационных мер в устойчиво неравновесных биотехносоциальных структурах. Препринт. ВНИИСИ, 1990.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ НАРУШЕНИЕ ЭЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОСТИ И СИММЕТРИИ КАК СВОЙСТВО ЖИВОЙ МАТЕРИИ

Е.З.Гак

1. Проблема определения характерных черт живой материи, ее отличий от косной, так же волнует людей сегодня, как и тогда, когда эти вопросы изучались В.И.Вернадским [1, 2], Э.С.Бауэром [3-8] и другими [9]. Становится очевидным, что явления, происходящие в живых системах, не могут быть описаны только на основе общепринятых фундаментальных представлений физики и химии. По-видимому, особый интерес представляют вопросы нарушения внутренней электронейтральности

и асимметрии электрических свойств живых систем на всех иерархических уровнях.

2. Как известно, в живой системе одной из важнейших форм аккумуляирования энергии наряду с фосфатными соединениями служит наличие в примембранных слоях электрических объемных зарядов на мембранах плотностью ρ_M , обуславливающих разность потенциалов на них до $\Delta U \approx 0,1-0,2$ В [10, 11], что эквивалентно $pH \approx 3,5$ и обусловлено различием в концентрации H^+ -ионов. Из-за малых толщин мембран (l порядка 10^{-6} см) на них возникают напряженности электрических полей до $E_M \approx \frac{\Delta U}{l} \approx 10$ кВ/см.

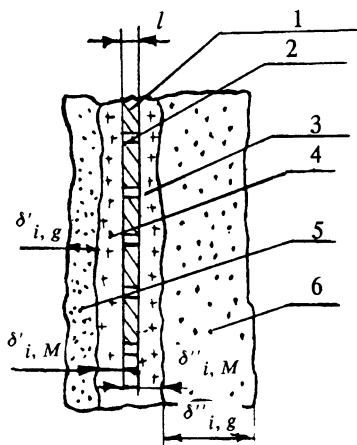


Рис. 1. Схема распределения объемных электрических зарядов в примембранных слоях клетки:

1 - мембрана клетки, 2 - поры в мембране для переноса ионов, 3 - примембранный диффузный объемный заряд вне клетки, 4 - внутри клетки, 5 - диффузный объемный заряд внутри клетки, 6 - снаружи. $\delta'_{i, M}$ и $\delta'_{i, g}$ - толщины слоев в примембранных областях. $\delta'_{i, g}$ и $\delta'_{i, M}$ - диффузные заряженные слои диффузионной природы

кий слой (пленку), характеризуемую низкой проводимостью (σ_M).

Следовательно, за счет обменных процессов в живом организме накапливается электрический потенциал, определяемый зарядом

Так как в каждом живом организме содержится огромное количество клеток ($N \approx 10^{16}$), то приближенно общая площадь мембран живой системы $S \approx \sum_{i=1}^N S_{i, M}$, где

$S_{i, M}$ - поверхность мембран одной клетки, включающая и митохондрий $1 \leq i \leq N$. Отметим, что живые системы меняют общую площадь своих мембран во времени, так как с ростом организма увеличивается N в зависимости от наличия процессов метаболизма.

Приняв, что объемный заряд единицы поверхности мембраны обусловлен двусторонним зарядом H^+ -ионов, можно представить схематически подобную систему (рис. 1). С этих позиций мембрана с примыкающими к ней зарядами может рассматриваться как двухслойный конденсатор высокой емкости, причем накопление заряда происходит из-за химических реакций, что характерно для аккумулятора. Electroдами же в данном случае служат содержимое внутренней части клетки и окружающая ее среда высокой проводимости, а мембрана представляет собой очень тонкий диэлектрический

$$Q \cong \sum_{i=1}^N q_i, \quad (1)$$

где

$$q_i \cong \delta'_{i, M} S_{i, M} \rho'_{i, M} + \delta''_{i, M} S_{i, M} \rho''_{i, M}. \quad (2)$$

Здесь $\delta'_{i, M}$, $\rho'_{i, M}$ — толщина и объемная плотность зарядов внутри клетки, а $\delta''_{i, M}$ и $\rho''_{i, M}$ — соответственно вне ее. Так как величина S_i — общая, то $q_i = S_{i, M} (\delta'_{i, M} \rho'_{i, M} + \delta''_{i, M} \rho''_{i, M})$, следовательно, с учетом (1) и (2)

$$Q = \sum_i^N S_i (\delta'_{i, M} \rho'_{i, M} + \delta''_{i, M} \rho''_{i, M}). \quad (3)$$

При возбуждении клетки, ее поражении, гибели проводимость клеток (мембран), как известно, падает, причем электрический заряд в нормальных условиях релаксирует, а при необратимом поражении — не восстанавливается.

3. Наряду с объемными зарядами высокой плотности, расположенными непосредственно в примембранных областях $\rho'_{i, M}$ и $\rho''_{i, M}$, по-видимому, существуют [12–15] вне слоев Митчелла диффузные макроскопические заряды большой протяженности δ_i и меньшей электрической плотности ρ_i . При этом мы исходили из теоретических предпосылок [16] и наших экспериментальных данных, показавших, что существование макроскопических объемных зарядов в водных средах при наличии в них диффузионных и электромиграционных процессов приводит к наличию вне двойных электрических слоев и слоев с протяженностью δ и плотностью ρ , где $\delta \gg \delta_{qb}$, $\rho \ll \rho_{qb}$.

Таким образом, непосредственно за слоем $\delta'_{i, M}$ и $\delta''_{i, M}$ должны возникать слои, характеризующиеся указанными выше свойствами (рис. 1). Причиной их существования в живых системах может быть наличие ионного транспорта в клетки и из них — ионов низкомолекулярных и высокомолекулярных веществ, характеризующихся различными коэффициентами диффузии вследствие различия их масс и объемов. По нашим оценкам [12], средняя электрическая напряженность в таком слое $E \approx 0,1$ – 1 кВ/см, т.е. в 10–100 раз меньше, чем E_M , а протяженность определяется возможностью реализации подобного заряда в пространстве. Так, если клетки тесно примыкают друг к другу, $\delta''_i \rightarrow \delta''_{i, \min} \approx \delta''_{i, M}$, т.е. протяженность его стремится к минимальному значению, а если клетка одиночная и находится в жидкой среде, то протяженность заряда максимальна: $\delta''_i \rightarrow \delta''_{i, \max} \approx \delta''_{i, \text{диф.}}$, $\delta''_{i, \text{диф.}}$ — протяженность диффузного слоя. При этом подобный пространственный заряд может обладать свойствами электрического барьера для ионов

того же знака, которые проходят в основном через мембрану клетки. Моделью такой системы служила система электрод-электродит в области диффузионной кинетики, где роль слоя Митчелла играл двойной диффузный слой [14].

Как показали эксперименты, рассасывание подобного заряда может идти при наложении на область δ_i переменного электрического поля, но так, чтобы время релаксации заряда было больше времени его рассасывания. Аналогичные эффекты имеют место при вибрациях, конвекции.

Отметим, что рассасывание заряда происходит лишь при достижении предельных величин электрического поля, которым на него воздействуют, или значений напряженности $E_{пр.} \geq 30-40$ В/см (для водных электролитов неорганических солей) [14]. При $E > E_{пр.}$ ток в электролите увеличивается на величину $\Delta I = jS$, где j – плотность тока, S – площадь электрода. Количество электричества, проходящее через единицу поверхности, в этом случае увеличивается на $\Delta q = \Delta I \cdot \Delta t$, где Δt – время его прохождения. При этом чем выше степень рассасывания заряда плотностью $\rho_{диф}$ (т.е. снятия барьера), тем выше электрический ток через поверхность раздела.

По-видимому, и для живых систем, как показано В.Лауфбергером [17], имеется нижний предел величины количества электричества или плотности тока при $t = const$, которое вызывает раздражимость клетки. Эта величина составляет, по оценкам [17], $Q = 10^{-5}-10^{-7}$ кул/см², и автор считает ее одной из важнейших для живых систем.

Справедливость подобных представлений подтверждается и прямыми экспериментами по действию электрических токов на растения. Так, в проведенных экспериментах [18] оптимальный уровень плотности тока составлял $j_{опт.} = 10-20$ мкА/см² (рис. 2). При больших плотностях тока наблюдается угнетение, а затем гибель

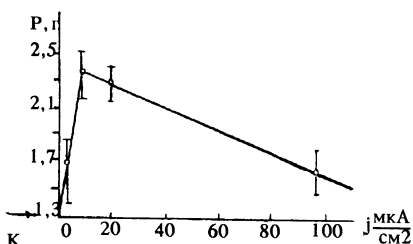


Рис. 2. Зависимость сухого веса одного растения (P , г) от плотности тока j при его подаче до появления всходов в течение трех дней по 10 ч в сутки. (Рассада огурца). К – контроль

растений, вплоть до тепловой. Аналогичные значения $j_{опт.}$ получены и для гидробионтов [19]. По-видимому, с ростом времени воздействия может быть меньше и плотность действующего тока, что позволяет говорить о поиске общего механизма функционирования живых систем.

Так как протяженность подобных зарядов значительно выше, плотность меньше, чем $\delta'_{i, M}$, $\rho'_{i, M}$, $\delta''_{i, M}$, $\rho''_{i, M}$, то времена

их релаксации t_p , определяемые как $t_p \approx \frac{\delta^2}{D_k}$, где D_k — коэффициенты диффузии ионов сорта k , будут значительно больше, чем $t'_{p, M}$, $t''_{p, M}$, и, следовательно, все процессы инерционнее, чем для мембран с примембранным зарядом $\rho'_{i, M}$ и $\rho''_{i, M}$. Можно также полагать, что подобные заряды в какой-либо среде, например в жидкости, будут возникать у любых гидробионтов вблизи их поверхности [15] и в воздухе, т.е. вблизи систем, находящихся в какой-либо среде, характеризующейся наличием ионов, заряженных частиц и нейтральных молекул.

Таким образом, полный электрический заряд живой системы будет значительно выше Q_M по (3), так как

$$q_{\Sigma} \cong q_{i, M} + q_{i, \text{диф.}}, \quad (4)$$

где

$$q_{i, \text{диф.}} \cong S_i (\delta'_{i, \text{диф.}} \rho'_{i, \text{диф.}} + \delta''_{i, \text{диф.}} \rho''_{i, \text{диф.}}). \quad (5)$$

И суммарный заряд

$$Q \cong \sum_{i=1}^N (q'_i + q''_i) \quad (6)$$

$$Q \cong \sum_{i=1}^N S_i [(\delta'_{i, M} \rho'_{i, M} + \delta'_{i, \text{диф.}} \rho'_{i, \text{диф.}}) + (\delta''_{i, M} \rho''_{i, M} + \delta''_{i, \text{диф.}} \rho''_{i, \text{диф.}})]. \quad (7)$$

4. Одним из интересных примеров функционирования подобных объемных зарядов служит его существование в кровеносных капиллярах на внутренней и внешней стороне трансэндотелиальных клеток, выстилающих кровеносный капилляр. Подобный заряд с внутренней стороны капилляра должен носить пульсирующий характер и определяется скоростью движения эритроцитов, их концентрацией в крови, ее пульсацией [14]. По нашим расчетам между стенками капилляра устанавливается при протоке одиночных эритроцитов напряженность 200 В/см с амплитудой при частоте 10–200 Гц. При очень высоких давлениях крови при больших ее скоростях, когда трение эритроцитов о стенки капилляра многократно увеличивается [20], видимо, меняется и механизм генерации электрических полей, может наступать пробой мембран, т.е. возникает электрический разряд в жидкости. Особенно это может проявиться вблизи границ воздух — живая ткань (например, капилляры пальцев, кожи), где напряженность может быть максимальна. Подобные эффекты могут привести к пробое воздуха, ионизации. Вероятен, по-видимому, и выход электронов.

Кроме того, можно отметить, что предельные плотности электричества, проходящего через живые системы, могут быть обусловлены не прямым воздействием тока через электроды, а вследствие различных способов генерации индуцированных электрических полей $E_{\text{инд}}$ в живой среде, причем ток определяется как $j = \sigma_{\text{л}} E_{\text{инд}}$, где $\sigma_{\text{л}}$ — локальная проводимость живой ткани. Отметим, что можно ожидать более высокой проводимости в примембранных слоях в области $\delta''_{i, M}$, $\delta'_{i, M}$, δ''_i , δ'_i . Поэтому воздействие внешних объектов — облаков, несущих мощные электрические заряды, внешних экзогенных источников электромагнитных полей может отрицательно сказаться на живых системах.

Вместе с тем воздействие внешних электромагнитных полей космоса, космические лучи первичной и вторичной природы, внешние электромагнитные поля определяют суммарный электрический заряд живой системы, по-видимому, в значительной степени и управляя ее жизнедеятельностью. Одной из систем, характеризующихся очень высокой степенью нарушения электронейтральности, служит система крови — вследствие движения огромного количества эритроцитов — и мозг, пронизанный капиллярами и требующий в норме особенно высокого количества энергии. Одной из возможных причин последствия радиации и жесткого излучения на человека может быть изменение его суммарного электрического объемного заряда, его прямого снижения во всем организме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 368 с.
2. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 259 с.
3. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. Л.: ВИЭМ, 1935. 206 с.
4. Бауэр Э.С. Принципы теоретической биологии//Социалистическая реконструкция и наука. 1935. Вып. 9.
5. Токин Б.П. Теоретическая биология и творчество Э.С.Бауэра. ЛГУ, 1963.
6. Токин Б.П. Страницы из жизни и творчества Э.С.Бауэра//Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. 1963. Т. 74. Вып. 1. ЛГУ.
7. Бауэр Э.С. Общая теория живой материи. Проблема "живого белка"//Арх. биол. наук. 1934. Т. 35, сер. А. Вып. 1. С. 1-57.
8. Бауэр Э.С. Противоречие между внешней и внутренней работой живых систем//Арх. биол. наук. 1934. Т. 35, сер. А. Вып. 1. С. 37-52.
9. Маковский Е. Природа и структура живой материи. Изд-во Акад. соц. респ. Румынии. 1976. 207 с.
10. Mitchell P. Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemiosmotic type of mechanism/Nature. 1961. Vol. 191. P. 144.
11. Скулачев В.П. Трансформация энергии в биомембранах. М.: Наука, 1972. 203 с.
12. Гак Е.З., Комаров Г.П., Гак М.З. Магнитогидродинамические и электрогидродинамические эффекты в механизмах действия магнитных полей на биологические объекты//Реакции биологических систем на магнитные поля. М.: Наука, 1978. С. 28-38.
13. Гак Е.З., Гак М.З., Ерошенко И.М. О природе электрической активности функционирующих кровеносных сосудов//Физиологические механизмы адаптации животных и растений. Томск: Томский университет, 1979. С. 3-9.

14. Гак Е.З., Красногорская Н.В. О возможной природе электродинамических явлений в живых системах//Электромагнитные поля в биосфере. Т. II. Биологическое действие электромагнитных полей. 1984. М.: Наука. С. 179–185.

15. Гак Е.З. О роли электродинамических явлений в функционировании гидробионтов//Электрические свойства гидробионтов. М., 1986. С. 14–32.

16. Левич В.Г. Физико-химическая микрогидродинамика. М.: Физматгиз, 1959. 651 с.

17. Лауфбергер В. Малые тайны жизни. Изд-во Чехослов. АН и Артия. 1962, 178 с.

18. Бондаренко Н.Ф., Гак Е.З., Смоляк Л.В. Об учете электрических явлений при изучении процессов электро-, массо- и влагопереноса в почве и растениях//Применение электромагнитных полей в сельскохозяйственных исследованиях и производстве. Л.: 1988. С. 143–155.

19. Протасова Н.В., Саблин-Яворский А.Д. Оценка адаптационной устойчивости процесса регенерации гидроидного организма к воздействию постоянного электрического тока//Электрические свойства гидробионтов. М.: 1986. С. 103–116.

20. Орел В.Э. Клетка с позиции модели механоэмиссионного биореактора//Актуальные проблемы медицины и биологии. Т. 1. Киев: Ин-т кибернетики, 1988. С. 57–73.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

М.В.Волькенштейн

Теория биологической эволюции – фундаментальная, наиболее общая область теоретической биологии. Теория эволюции еще очень далека от какой-либо завершенности, она интенсивно развивается. Учение Дарвина сохраняет при этом свою основополагающую роль, которую можно сравнить с ролью классической физики в современной науке. В тридцатых годах в результате объединения дарвинизма с популяционной генетикой была построена современная синтетическая теория эволюции. Сейчас реализуется новый этап – эволюционная теория объединяется, с одной стороны, с молекулярной биологией, с другой – с синергетикой и теорией информации. Это объединение обещает решительное углубление и расширение теоретической биологии и естествознания в целом.

Вопрос о соотношении физики и биологии имеет общенаучное и методологическое значение. Я исхожу из того, что физика образует глубокий уровень любой области естествознания. Это никак не означает "сведения", "редукции" сложной биологии к "простой" физике. Физика не проще биологии и разговоры о сведениях лишены смысла. Физика никогда не заменит биологию и даже химию, хотя в химии этот глубокий уровень уже достигнут – не существует теоретической химии помимо физики. "Физикализация" биологии означает ее углубление и расширение.

Начнем с атомно-молекулярных подходов. Давно известно, что аминокислотный состав и первичные структуры гомологичных белков тем ближе, чем ближе соответствующие биологические виды. Можно строить эволюционные деревья на основе данных, относящихся к белкам. Генетически кодируется первичная структура

белка, а естественному отбору подлежит его биологическая функция, определяемая пространственной структурой. Молекулярная биология, молекулярная генетика потеряли бы смысл, если бы между генетикой и отбором, между первичной и пространственной структурой не было бы корреляции. Соответствие, конечно, имеется и до недавнего времени оно считалось однозначным – данной третичной структуре белка отвечает уникальная последовательность. Иными словами, речь идет об однозначном соответствии генотипа и фенотипа.

В 1968 г. японский генетик Кимура впервые предложил так называемую нейтральную теорию эволюции. Эта теория подробно изложена в монографии Кимуры [2] (см. также [3]). Теория утверждает, что большая часть точечных мутаций в белках нейтральна в том смысле, что эти мутации не сказываются на свойствах фенотипа и не находятся под давлением естественного отбора. Главные аргументы в пользу этой теории – наличие так называемых молекулярных часов эволюции и существование изоферментов. Молекулярные часы означают постоянную скорость точечных замещений в гомологичных белках на протяжении сотен миллионов лет. Скорость эта не зависит от особенностей организмов и размеров популяций. Изоферменты – белки, существенно различающиеся первичной структурой, но имеющие сходные пространственные структуры и функции. Физический смысл нейтрализма сводится к вырожденности соответствия пространственной и первичной структуры белка [4]. Одной и той же пространственной структуре могут отвечать различные последовательности. Это подтверждается результатами прямых исследований белков методами рентгеноструктурного анализа, а также модельными расчетами (см. [3, 5]).

Нейтральная теория является одним из крупнейших достижений в молекулярном истолковании биологической эволюции. Очевидно, что нейтральные замещения не могут играть существенной роли в процессах видообразования и макроэволюции. Это – факты, а не факторы эволюции.

В то же время понятие нейтральности не абсолютно. Как отметил сам Кимура, при изменении внешних условий мутация, ранее нейтральная, может превратиться во вредную [6]. Кроме того существуют псевдонейтральные мутации, вред которых компенсируется на генетическом или метаболическом уровне [7]. Нарушение такой компенсации может быть причиной вымирания вида [8].

Реальными факторами видообразования, эволюции являются преимущественно более крупные хромосомные перестройки, связанные с непостоянством геномов. Перестройки эти определяются несимметричным кроссинговером, транспозицией и конверсией генов и т.д. Вся совокупность этих процессов названа Довером молекулярным драйвом (см. [9]). Соответствующие эволюционные закономерности имеют неменделевский характер.

Другой важнейший шаг в построении молекулярной теории эволюции был сделан Эйгеном. Первая его фундаментальная работа

была опубликована в 1971 г. [10], следующая, выполненная совместно с Шустером, в 1978 г. [11]. В этих работах была построена теоретическая физическая модель эволюции макромолекул как таковых. Модель непосредственно применима к добиологической эволюции. Рассматриваются полимерные цепи в сосуде с полупроницаемыми стенками, в который поступают энергетически обогащенные мономеры (скажем, нуклеозидтрифосфаты). Цепи способны возникать, реплицироваться, но могут и распадаться. В нелинейных кинетических уравнениях, описывающих систему, фигурируют и мутации, определяемые ошибками репликации. На систему наложено условие постоянства потоков или постоянства концентраций.

В результате полимеризаций, репликации, мутаций и распада макромолекул в системе возникает их конкуренция и естественный отбор. Выживают цепи, обладающие наибольшей селекционной ценностью, способные размножаться за счет других. Отбираются "главные копии", способные далее изменяться вследствие мутаций.

В более строгой теории рассматривается конкуренция гиперциклов, образованных макромолекулами РНК и синтезируемыми ими ферментами (полимеразами), в свою очередь обеспечивающих репликацию [11].

Модель Эйгена имеет важнейшее принципиальное значение. Впервые показано, что с помощью обычной физики можно моделировать и тем самым объяснить дарвиновский естественный отбор — на молекулярном уровне. Ранее многие ученые, как биологи, так и физики, считали дарвинизм и физику несовместимыми.

Теория Эйгена непосредственно связана с физикой диссипативных структур, развитой в работах Пригожина (см. [12]) и названной Хакеном синергетикой [13]. Речь идет об открытых системах, далеких от равновесия. В таких системах, имеющих принципиально нелинейный характер, возникают неустойчивые состояния и неравновесные фазовые переходы, представляющие, в частности, возникновение порядка из хаоса. Именно таков отбор "главных копий" в модели Эйгена.

Дальнейшее развитие теории в трудах Эйгена и его сотрудников привело к рассмотрению "квазивидов" в пространстве последовательностей. Квазивид — главная копия, несущая за собой "кометный хвост" мутантов, мало от нее отличающихся. Пространство последовательностей представляет собой гиперклуб, каждой вершине которого соответствует определенная последовательность мономеров в цепи. Если число возможных мономеров 4, как в нуклеиновых кислотах, и цепь содержит N звеньев, то число возможных первичных структур составляет 4^N . Это и есть число вершин гиперкуба.

С пространством последовательностей существует эволюционный ландшафт — горная страна, в которой вершины отвечают наибольшей приспособленности рассматриваемых квазивидов. Анализ ситуации в пространстве последовательностей и в эволюционном ландшафте показывает, что вершины эти обязательно достигаются в результате движения по горным хребтам мутирующих цепей.

Эволюция цепей оказывается направленной, что можно пояснить простым примером. Появлению двух мутаций предшествует появление одной и т.д. [14].

В то же время при некотором критическом значении вероятности при репликации, т.е. вероятности точечных мутаций, квазивид практически перестает существовать — его содержание более не превышает такового для любых других цепей. Реализуется фазовый переход, подобный фазовому переходу второго рода, скажем, переходу ферромагнетик — парамагнетик. Именно в этих условиях возможно возникновение нового квазивида [14, 15].

Теория Эйгена оказалась непосредственно применимой к вирусам, в частности, к Q β -фагу, размножающемуся в клетках *E.coli*. Показано количественное согласие теории и эксперимента [14].

Вследствие направленного характера эволюции макромолекул в пространстве последовательностей теория Эйгена не встречается с нейтральными мутациями (такowymi являются лишь замещения в пределах квазивида). В этом смысле теория Эйгена не согласуется с теорией Кимуры. Два крупнейших направления в молекулярной теории эволюции оказываются несовместимыми. Эйген и его сотрудники объясняют это расхождение различием в природе рассматриваемых систем. Объекты Эйгена — макромолекулы, вирусы и, в принципе, бактерии — имеют малые геномы, но сколь угодно большие популяции. Напротив, виды эукариот, рассматриваемые Кимурой, характеризуются громадными геномами, но ограниченными популяциями.

Однако дело не в этом. Как показано Кимурой [2, с. 298], нейтральная теория применима и к прокариотам, в частности к *E.coli*. Как уже сказано, физический смысл нейтральной теории сводится к вырожденной корреляции между генотипом и фенотипом, между первичной структурой белка и его биологической функций. Разные генотипы могут определять один и тот же фенотип. В теории Эйгена фенотипов нет вовсе, естественный отбор реализуется непосредственно по генотипам. Поэтому нет и нейтральности [16].

Представляется весьма интересным развить далее теорию Эйгена, включив в модель и "фенотипы", т.е. пространственные структуры макромолекулярных цепей.

Обратимся к синергетическим аспектам эволюционной теории, имеющим феноменологический характер. Как уже сказано, синергетика или физика диссипативных систем изучает открытые системы, т.е. системы, обменивающиеся с окружающим миром веществом и энергией и далекие от равновесия. Очевидно, что любые биологические системы, начиная с клетки и кончая биосферой в целом, являются диссипативными. Модель, "ящик" Эйгена — также диссипативная система. В таких системах реализуется сложное, далеко не тривиальное поведение. Они описываются нелинейными дифференциальными уравнениями, их состояние характеризуется возникновением неустойчивости. Поведение диссипативной системы может

быть хаотическим, соответственно, малые флуктуации могут возрасти до макроскопических размеров. В результате неустойчивостей возникают неравновесные фазовые переходы, порядок может рождаться из хаоса. В этом смысле Дарвин был провозвестником синергетики — его теория впервые показала, каким образом из хаотической изменчивости рождается упорядоченное развитие биосферы.

Очевидно, что видообразование действительно имеет характер неравновесного фазового перехода. В самом деле, новые виды возникают вследствие неустойчивости предшествующего состояния. Видообразование есть, в сущности, бифуркация, т.е. радикальное изменение системы вследствие достижения некими параметрами критических значений. Дивергенция видов является фазовым переходом второго рода, так как она означает понижение симметрии. Как показал в свое время Н.Н.Воронцов, предками многих южноамериканских грызунов были хомяки. Одни потомки полезли на деревья, другие освоили реки. Симметрия, тем самым, понизилась.

Как уже сказано выше, такими же особенностями отличаются фазовые переходы на уровне макромолекул, исследованные в теории Эйгена [14, 15]. Однако здесь видообразованию, т.е. выделению нового квазивида предшествует повышение симметрии — ранее существовавший квазивид размывается.

Нелинейные дифференциальные уравнения позволяют описать как градуальное, так и пунктуальное видообразование [17]. Это описание пока что является формальным. Подлинная физико-математическая теория будет построена, если удастся получить уравнения такого типа из независимых атомно-молекулярных представлений, в частности в результате теоретического исследования молекулярного драйва. Это еще не сделано.

Математический анализ неравновесных фазовых переходов показывает, что бифуркации, как правило, не могут приводить к множественным разветвлениям эволюционного древа — дело должно ограничиваться простой дивергенцией, расщеплением на две ветви. Можно думать, что расщепление на три и большее число ветвей в действительности означает наличие точек двойного расщепления, расположенных близко друг к другу [18].

Зачастую физики, далекие от теоретической биологии, думают, что теория Дарвина устарела, она не в состоянии ответить на вопросы о том, как могло хватить материала и времени для эволюционного создания столь сложной и многообразной биосферы. Это вполне ошибочное представление, основанное на низких значениях вероятностей точечных мутаций. В действительности, отбору подвергаются не редкие точечные мутанты, а рекомбинанты родительских геномов, доля которых составляет десятки процентов в любой популяции. Материала, таким образом, более чем достаточно. Что касается времени, то не следует думать, что на каждом этапе эволюции идет перебор сколь угодно большого числа признаков. В действительности эволюция жестко ограничена уже сложивши-

мися структурами предшествующих организмов и допустимыми способами их изменений. Так, все наземные позвоночные имеют четыре конечности (за исключением безногих змей и некоторых ящериц). Ограничение было наложено тем, что амфибии произошли от кистеперых рыб, имевших четыре плавника, представлявших собой "праконечности". В свою очередь, из амфибий произошли рептилии, потомками которых являются птицы и млекопитающие. Теоретическое моделирование направленной эволюции, сводящееся к наличию "коридоров", соединяющих пики адаптационного ландшафта, показало, что наличие таких ограничений резко ускоряет эволюцию [16, 19]. Проблема времени, таким образом, снимается. Дарвинизм никоим образом не устарел, хотя некоторые его положения потребовали пересмотра, например, вместо градуальной эволюции нужно, по-видимому, рассматривать пунктуальную.

Построение новой, широкой области физики, получившей наименование синергетики, означает включение в физику исторического естествознания, изучающего бифуркации, возникающие в течение времени в космосе, в звездах и в планетах, в атмосфере, в биосфере. Кажущееся противоречие между физикой и исторической наукой – биологией – полностью устранено.

История означает создание новой информации. Создание новой информации есть запоминание случайного выбора. Новая информация возникает в каждой новой особи, в каждом новом виде. Никакими законами природы не предписаны образование именно данной пары организмов и определенная рекомбинация родительских геномов в данном потомстве. Информационные аспекты биологической эволюции представляют существенный интерес [20, 21]. Как впервые подчеркнул И.И.Шмальгаузен [22], для биологии нужна не каноническая теория, оперирующая количеством информации, но теория, рассматривающая семантику, содержание или ценность информации. Такая теория еще не построена, и ее создание встречается с большими трудностями. Ценность информационного сообщения различна для разных рецепторов, следовательно, нужна физическая теория рецепции информации. Можно ввести в качестве условной меры ценности незаменимость, избыточность информации. Незаменимость аминокислотного остатка в белке применительно к функции белка противоположна вырождению, приводящему к нейтрализму.

Отметим, что количество информации в конечном счете также зависит от рецепции. Для физиолога и психолога, занимающегося мозгом, мозг содержит громадный объем информации, громадное число нейронов. Для мясника мозг быка содержит лишь 5 бит информации, ибо это всего лишь одна из примерно 30 частей туши быка, идущих в пищу, а $\log_2 32 = 5$. По-видимому, в ходе эволюции и онтогенеза определенная таким образом ценность информации возрастает (см. [20, 21]).

Объединение современного дарвинизма, т.е. синтетической теории эволюции с молекулярной биологией, синергетикой и теорией

информации позволяет по-новому увидеть окружающий нас мир, понять его особенности, ранее ускользавшие от внимания исследователей.

* * *

Дан краткий обзор физических подходов к проблемам биологической эволюции. Обсуждаются два направления – молекулярное и синергетическое. Крупнейшими достижениями науки в молекулярном истолковании эволюции является нейтральная теория Кимуры и теория самоорганизации макромолекул Эйгена. Раскрыт физический смысл этих теорий и объяснены причины их расхождения. На всех уровнях развития, начиная с клетки и кончая биосферой в целом, биология имеет дело с диссипативными, синергетическими системами. Соответственно, видообразование подобно неравновесному фазовому переходу второго рода. Обсуждаются информационные аспекты эволюции, что требует понятия о ценности информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волькенштейн М.В.//Вопросы философии. 1989. № 8. С. 20–33.
2. Кимура М. Молекулярная эволюция: теория нейтральности. М.: Мир, 1985.
3. Волькенштейн М.В.//Мол. биол. 1985. Т. 19. С. 55–66.
4. Волькенштейн М.В.//Журн. общ. биол. 1981. Т. 42. С. 680–686.
5. Волькенштейн М.В.//Мол. биол. 1991. Т. 25. № 4.
6. Kimura M.//Phil. Trans. Roy. Soc. London. 1986. V. B312. P. 343–354.
7. Волькенштейн М.В., Гольдштейн Б.Н.//Мол. биол. 1986. Т. 20. С. 1645–1654.
8. Волькенштейн М.В., Расс Т.С.//Докл. АН СССР. 1987. Т. 295. С. 1513–1516.
9. Волькенштейн М.В.//Мол. биол. 1990. Т. 24. С. 1181–1199.
10. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973.
11. Эйген М., Шустер П. Гиперцикл. М.: Мир, 1982.
12. Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.
13. Хакен Х. Синергетика. М.: Мир, 1980.
14. Eigen M. Stufen zum Leben. München, Zürich: Piper, 1987.
15. Eigen M., McCaskill I, Schuster P.//Advances in Chemical Physics. 1989. V. 75. P. 149–263.
16. Livshits M., Volkenstein M.//BioSystems (in press).
17. Volkenstein M., Livshits M.//BioSystems. 1989. V. 23. P. 1–5.
18. Livshits M., Volkenstein M.//BioSystems. 1991.
19. Волькенштейн М.В., Лившиц М.А.//Докл. АН СССР. 1988. Т. 301. С. 731–734.
20. Волькенштейн М.В. Биофизика, изд. 2-е. М.: Наука, 1988.
21. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. М.: Наука, 1986.
22. Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск: Наука, 1968.

НЕОБРАТИМОСТЬ И САМООРГАНИЗАЦИЯ

Л.А.Николаев

Анализ проблемы самоорганизации требует решения вопроса о двух критериях отбора: отбора структур, способных к развитию, и отбора процессов, создающих эти структуры.

В дальнейшем мы будем рассматривать динамические структуры (так называемые структуры в потоке), причем будем считать систему открытой. Эти условия сразу лишают нас возможности пользоваться аппаратом равновесной термодинамики. Действительно, по предположению, некоторая неравновесная система переходит из данного состояния в другое, тоже неравновесное и вполне возможно, что кинетический потенциал для такого перехода вообще не существует. Именно таковы в общем случае условия развития биологических организаций.

Дополнительные структуры (ДС)

Выделение, т.е. мысленная изоляция исследуемого явления с помощью воображаемых или вполне реальных структур (цилиндров с поршнем, термостатов и т.п.) составляет обычную практику в теоретических рассуждениях.

Теоретически такие структуры могут обладать различными свойствами; их функция заключается в облегчении перехода системы в другое определенное состояние. То, что исследователь создает, руководствуясь интуицией и воображением, в природе происходит и без его участия. Будем считать обратимым или точнее (и чтобы не смущать термодинамиков) "возвратным" тот переход, для которого ДС прямого и обратного процессов одинаковы. Примером может служить процесс разряда аккумулятора, при котором изменение направления тока достаточно для обращения перехода между двумя состояниями. Обратимые изменения в системе гемоглобин-кислород-оксигемоглобин, вызванные колебаниями парциального давления кислорода, относятся также к возвратным переходам. Но если для прямого и обратного процесса ДС неодинаковы — процесс перехода будем считать невозвратным.

Грубым механическим аналогом невозвратной системы является калейдоскоп, в котором картина, созданная поворотом прибора, не восстанавливается обратным поворотом, но требует для восстановления целой совокупности сложных механизмов. При этом оба процесса — прямой и обратный — совершаются в неизменном поле гравитации, подобно тому как изменения в биологических организациях совершаются в условиях заданной динамической неравновесности, т.е. фактически при заданных в исходный момент ДС.

Ферменты с их активными группами и белковыми "носителями" — типичные представители систем, содержащих ДС. Надо помнить, что они расходуются в течение своей деятельности (мерой износа служит число оборотов) и по существу выполняют функцию дополнительных механизмов. Граница между субстратом реакции и ДС (ферментом) достаточно четкая, чтобы можно было говорить о двух системах.

Особенности биологических ДС

Действие фермента в обычном кинетическом аспекте обратимо и регулируется варьированием концентраций. В тех механизмах, которые состоят из ряда ферментов, действующих согласованно, прямой и обратный процессы, как правило, реализуются разными механизмами, т.е. ДС прямого и обратного процессов существенно различаются. Так, например, механизмы синтеза белка и его разложения требуют совершенно разных ДС и пространственно разделены.

Важно выяснить, какие факторы способствуют этому. Ведь такое различие означает невозвратность действия (малую вероятность обращения) всей системы. Действительно, в действующей системе гидролаз – синтетазы посторонние белки распадаются при гидролизе и из полученных аминокислот строятся специфические белки данного организма. Обратно этот процесс не идет: из белков организма нельзя получить белки пищевых веществ простым обращением всех процессов.

Возникает вопрос, какие именно факторы определяют невозвратность процесса в данной системе. Рассмотрим простую модель и попутно обсудим проблему границы между системой и ДС.

Простая модель самоорганизующейся системы

Рассмотрим так называемую "клетку Траубе". Это кристалл ферроцианида калия, погруженный в раствор соли меди. Кристалл покрывается тонкой пленкой ферроцианида меди, и через эту полупроницаемую пленку происходит диффузия воды. Пленка растягивается и в конце концов в каком-то месте лопается. Смешивание растворов, разделенных пленкой, вызывает образование "заплаты" в месте разрыва, и процесс образования пленочной структуры и диффузии воды возобновляется.

Если ДС прямого процесса образования тех причудливых структур, напоминающих гидру, которые возникают в этом процессе, определить довольно легко (это кристалл и раствор), то найти условия для обращения роста клетки очень трудно. Варьируя концентрацию соли меди, можно на узком интервале времени изменять состояние пленки, хотя и в этом случае потребуются обратить не только осаждение, но и коагуляцию ферроцианида меди. На участке между двумя моментами разрушения пленки движение "вспять" приведет к появлению в растворе фрагментов пленки, разрушенной на еще более раннем этапе, и создать механизм (ДС), который был бы способен продолжать движение системы к исходному состоянию, окажется невозможным.

Клетка Траубе является типичной невозвратной системой. Причина в том, что функция, описывающая зависимость химического

потенциала от расстояния на пути через границу системы и ДС, претерпевает разрыв непрерывности.

Это несомненно так в моменты разрушения пленки. Остается, однако, вопрос о природе границ между ДС и системой. Г.Ферстер [1], изучавший проблему самоорганизации и отметивший роль среды, указал на то, что система поглощает из окружения энергию и порядок. Этим в какой-то мере и определяются границы, хотя подобные процессы могут протекать и внутри самих ДС — они ведь часто изменяются в ходе превращений системы. Вероятно, определение границ как поверхности, на которой происходит скачок (но не разрыв), химического потенциала по отношению к гетерогенным макроструктурам, вполне целесообразно.

ДС и эволюция

Итак, если ДС для процесса I-II и для процесса II-I одинаковы (или могут быть непрерывным образом переведены друг в друга), то процесс восстановления состояния возможен. Если же нет — процесс безвозвратен. Безвозвратность отнюдь не означает его абсолютной неосуществимости. ДС, нужные для обратного движения системы (к исходному состоянию), вполне могут быть найдены. В ходе естественной эволюции система, переходящая из данного состояния в другое безвозвратным путем, сохраняет стабильность (жизнеспособность), если ей удастся создать ДС, необходимые для возвращения в исходное состояние.

Так, среди субклеточных структур митохондрии и рибосомы выполняют функции механизмов, необходимых для восстановления состояния организма, измененного поглощением чужеродных белков. Это своеобразное равновесие, достигаемое через объединение невозвратных процессов, отличает биологическое "равновесие" от обычного термодинамического.

Различие между ДС необходимыми для реализации прямых и обратных переходов связано с образованием замкнутых мембранных структур; это указывает на важную роль таких мембран в решении задачи о выделении того, что мы называем системой, из окружающей ее "среды".

Вместе с тем бесспорно, что и выделенная таким или иным способом система остается связанной со средой и изменения в системе отражаются и на состоянии среды, возбуждая в ней более или менее значительные и часто необратимые изменения. Так происходит, например, с белковым окружением активной группы фермента, играющего роль вспомогательного механизма для катализируемой им реакции. Это обстоятельство, между прочим, делает нецелесообразным причисление всех вообще ДС к катализаторам.

Строго говоря абсолютных границ для ДС не существует; такой вывод кажется бесплодным и не заслуживающим внимания, но у

него есть интересный аспект. Дело в том, что по мере роста расстояния между системой и какой-либо областью окружающей среды в общем случае изменяется и характер – природа их взаимодействия между ними. Взаимодействия приобретают кодовый характер и становятся все менее зависимыми от энергетических и энтропийных факторов. В пределе, когда энергетическая сторона почти не играет роли, кодирование становится информацией. Такой тип взаимодействий всегда связан с различием ДС прямого и обратного процессов (сигнал-ответная реакция). В дальнейшем в ходе эволюции появится нервная система и мозг, для которого деятельность в "обратном" направлении через те же ДС невозможна, но зато возможно регулирование работы ДС менее организованных систем.

Каждый новый уровень организации характеризуется все большей степенью "невозвратности" процессов своего развития и вместе с тем расширением объема кодовых связей со средой. В действительности, развивающаяся по этому пути биологическая система всегда содержит определенные подсистемы, в которых изменения состояния носят "возвратный" характер. Эти подсистемы управляются высшими системами, способными посылать кодированные приказы. От того, в какой мере выполняются приказы, по-видимому, зависит и судьба всей организации в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ферстер Г. О самоорганизующихся системах и их окружении//Самоорганизующаяся система. М.: Мир, 1964. С. 113, 140.
2. Николаев Л.А. Теоретическая химия. М.: Высшая школа, 1984.

СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОГО НЕРАВНОВЕСИЯ ПО БАУЭРУ И СОВРЕМЕННАЯ НАУКА

Л.А.Блюменфельд

Монография Эрвина Бауэра, вышедшая в издательстве ВИЭМ в 1935 г. [1], принадлежит к числу эпохальных научных публикаций, в значительной степени определяющих развитие естествознания. К сожалению, в силу известных приводящих обстоятельств ее истинное значение не смогло привлечь внимание современников. Сегодня, спустя более полувека после публикации труда Бауэра, пришло время заново оценить удивительные пророческие откровения автора, поразительным образом предвосхитившие направления ряда разделов современной теоретической биологии.

В основе учения Бауэра об особенностях функционирования биологических систем лежит так называемый *принцип устойчивого неравновесия*. Попытаемся рассмотреть содержание этого принципа, исходя из представлений сегодняшней науки.

На с. 44 монографии [1] Бауэр дает термодинамическое пояснение этого принципа:

"Так же, как устойчивое равновесие характеризуется тем, что, будучи нарушено, всегда наступает вновь, так и у живых систем неравновесное состояние сохраняется постоянно и обладает всеми признаками устойчивости".

С первого взгляда, может показаться, что речь идет просто о принципе Ле-Шателье-Брауна для стационарных состояний открытых систем, сформулированном задолго до Пригожина [2], в несколько непривычной для современного глаза форме. Однако в самом тексте принципа устойчивого неравновесия, как "всеобщего закона биологии" [1, с. 43] содержится отличие от стандартных формулировок современной термодинамики открытых систем:

"...Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях".

По Бауэру неравновесной является *структура* живых систем на разных уровнях организации, и для поддержания этой структуры в состоянии устойчивого неравновесия и тратится поступающая извне энергия ("энергия пищи"). С другой стороны, всякая работа внутри живой системы (например, сокращение сердечной мышцы) или совершаемая живой системой во внешней среде осуществляется за счет этой структурной энергии. Релаксация структурной энергии, в ходе которой и совершается работа, сопровождается изменением структуры, механическим движением системы.

Поразительно, что в основе неравновесности биологических систем Бауэр полагает, говоря современным языком, конформационную неравновесность белковых макромолекул. Молекулы "живого" функционального белка структурно неравновесны. За счет избыточной "структурной" свободной энергии этих молекул производится работа (обеспечивается мышечное сокращение, преодолевается потенциальный барьер в ходе биохимических превращений, идут энергоакцепторные реакции). Умирание сопровождается диссипацией структурной энергии белка. Следует иметь в виду, что это было написано задолго до начала экспериментальных и теоретических исследований конформационных изменений биополимеров. Фактически идеи Бауэра предвосхитили представления о так называемой рекуперации энергии при ферментативном катализе, развитые через много лет Н.И.Кобозевым [3]. Согласно Кобозеву для активации каталитического центра фермента с помощью макромолекулы белка реализуется использование энергии, выделяющейся в ходе ферментативной реакции. Возможный физический механизм рекуперации энергии был предложен в работе Хургина, Чернавского и Шноля [4]. Согласно этим авторам, освобождающаяся в ходе катализируемой реакции энергия запасается в макромолекуле фермента в форме упругой деформации и сохраняется в этом виде до начала следующего каталитического акта, т.е. до следующего

взаимодействия фермента с субстратом. По образному описанию Шноля [5]: "Получается забавный, но вполне реальный парадокс: субстрат *катализирует* переход фермента в равновесное состояние. Зато сам субстрат претерпевает необходимые превращения, активационный барьер которых понижается за счет *конформационной* энергии макромолекулы фермента".

Наиболее важным в этой работе было разделение степеней свободы макромолекулы на обычные (статистические) и "конструктивные" (механические) и постулирование медленности диссипации энергии, сосредоточенной на этих выделенных степенях свободы.

В 60-е и 70-е гг. во многих лабораториях мира были экспериментально исследованы изменения конформации белков в результате присоединения субстратов, ингибиторов и других лигандов к активным центрам. Обзор этих данных можно найти в монографиях [6, 7].

В нашей лаборатории (ИХФ АН СССР) неравновесными состояниями белков и ролью этих состояний в функционировании ферментов и в биоэнергетических процессах начали заниматься в 1970 г. Анализ возможных "машинных" механизмов ферментативных процессов привел к выводу о неприменимости во многих случаях стандартных подходов классической физической химии к термодинамике и кинетике реакций с участием белков [8]. К близким взглядам независимо пришел Мак Клэйр [9, 10]. Основы релаксационной концепции ферментативного катализа и внутриклеточной трансформации энергии были впервые изложены в 1972 г. [11, 12]. Сущность концепции заключается в следующем. В сложных молекулярных конструкциях, какими являются белки, должны реализоваться резко различающиеся масштабы времени структурных изменений. Любое локальное возмущение (окислительно-восстановительное превращение металла в активном центре, присоединение или диссоциация лиганда, протонизация или депротонизация кислотной группы и т.п.) приводит к быстрой (10^{-10} – 10^{-12} с) колебательной релаксации активного центра и его ближайшего окружения. Релаксационная волна, однако, сравнительно медленно распространяется по белковой глобуле. Локальное изменение приводит к возникновению нового кинетически доступного равновесного конформационного состояния, достижение которого требует огромного множества последовательных элементарных актов, реализуемых с помощью проб и ошибок и адекватно описываемых как движение системы вдоль выделенной механической степени свободы.

Таким образом, после локального возмущения возникает особое конформационно неравновесное состояние: колебательная релаксация вблизи пункта возмущения (например, активного центра фермента после присоединения субстрата) уже произошла, но основная часть белковой глобулы отрелаксировать не успела и осталась в ставшем неравновесным прежнем конформационном состоянии. Единственный способ достичь равновесия в данном случае – кон-

формационная релаксация, т.е. изменение конструкции, приводящее в соответствие всю структуру макромолекулы с уже измененным локальным участком глобулы. При ферментативном катализе как исходное состояние субстрат (S) + фермент (E), так и конечное состояние продукт (P) + фермент (E) – конформационно равновесны. Неравновесным ("конформационно возбужденным") является промежуточное состояние – михаэлевский комплекс, SE , до начала и во время релаксации.

Согласно релаксационной концепции, конформационная релаксация фермент-субстратного комплекса включает не только разрыв старых и образование новых вторичных связей, повороты химических групп вокруг σ -связей и т.п., но и на определенной стадии релаксации все изменения молекулы субстрата (или субстратов), превращающие его (их) в продукт (продукты). Конформационная релаксация фермент-субстратного комплекса является по существу элементарным актом катализируемой реакции. Экспериментальное исследование таких конформационно неравновесных состояний многих белков и их релаксации было проведено во многих лабораториях (см., например, [6, 7, 13–16]).

Следует подчеркнуть, что релаксационная концепция не сводится к простому повышению ферментативной активности на определенных стадиях конформационной релаксации фермент-субстратного комплекса. Схема такого типа была предложена в пионерской работе Сидоренко и Дещеревского [17], а ее более строгий количественный анализ дан в [18]. Основная идея релаксационной концепции, сформулированная в [12], заключается в том, что конформационная релаксация, инициированная связыванием субстрата, происходит под действием силы, толкающей химическую систему направленно по координате реакции. Следует отметить, что впервые на роль сил в структуре и превращениях молекул указал Р.Фейнман еще в 1939 г. [19].

Квантово-механическая теория ферментативного катализа, основанная на релаксационной концепции, была предложена Файном [20]. Релаксационный механизм ферментативных реакций предпочтителен при условии, когда между начальными и конечными продуктами катализируемого превращения велика разница значений свободной энергии [7]. Вблизи термодинамического равновесия реакции должны идти по обычному "аррениусовскому" механизму. Поэтому следует ожидать участия конформационно неравновесных состояний фермента в биоэнергетических процессах, особенно при окислительном и фотофосфорилировании (т.е. синтезе АТФ в энергопреобразующих мембранах митохондрий и хлоропластов), реализующихся вдали от термодинамического равновесия. Релаксационная концепция и была предложена впервые для этих процессов [11]. Действительно, участие в синтезе АТФ конформационно неравновесных состояний АТФаз, возникающих при быстрой депротонизации определенных кислотных групп фермента, было экспериментально

доказано как для мембраносвязанных, так и для водорастворимых изолированных АТФаз [21–24].

Резюмируя сказанное, можно утверждать, что в 1935 г. Эрвин Бауэр предвосхитил развитие теоретической биологии на много лет вперед. Основные положения его концепции о роли структурно неравновесных состояний биологических макромолекул в важнейших биологических процессах оказались верными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.-Л.: Изд-во ВИЭМ. 1935.
2. Prigogine I. Etude thermodynamique des phenomenes irreversibles. Liege, 1947.
3. Кобозев Н.И. О механизме катализа. III. О валентной и энергетической форме гетерогенного и ферментного катализа//ЖФХ. 1960. Т. 34. С. 1443–1459.
4. Хургин Ю.И., Чернавский Д.С., Шноль С.Э. Молекула белка-фермента, как механическая система//Мол. биол. 1967. Т. 1. С. 419–424.
5. Шноль С.Э. Конформационные колебания макромолекул//Колебательные процессы в биологических и химических системах. М.: Наука, 1967. С. 22–41.
6. Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. М.: Наука, 1974 и 1977.
7. Blumenfeld L.A. Physics of Bioenergetic Processes. Springer-Verlag, Heidelberg. Berlin, New York, Tokyo, 1983.
8. Блюменфельд Л.А. Активационные параметры ферментативных реакций//Биофизика. 1971. Т. 16. С. 724–727.
9. McClare C.W.F. Chemical Machines, Maxwell's Demon and Living Organisms//J. theor. biol. 1971. Vol. 30. P. 1–34.
10. McClare S.W.F. Resonance in Bioenergetics//Ann. N.Y. Acad. Sci. 1974. Vol. 227. P. 74–97.
11. Блюменфельд Л.А., Кольтовер В.К. Трансформация энергии и конформационные переходы в митохондриальных мембранах, как релаксационные процессы//Мол. биол., 1972. Т. 6. С. 161–166.
12. Блюменфельд Л.А. Об элементарном акте в ферментативном катализе//Биофизика. 1972. Т. 17. С. 954–959.
13. Блюменфельд Л.А., Бурбаев Д.Ш., Ванин А.Ф., Вилу Р.О., Давыдов Р.М., Магонов С.Н. Неравновесные структуры металлоорганических комплексов, играющих роль активных центров ферментов//Журн. структ. химии. 1974. Т. 15. С. 1030–1039.
14. Heinmets F. Electron Reactions with Cytochrome C in Ethylene Glycol/Water Glass at -196°C //Physiol. Chem. and Phys. 1978. Vol. 10. P. 3–24.
15. Blumenfeld L.A., Burbayev D.Sh., Lebnidze A.V., Vanin A.F. EPR Study of the Structurally Nonequilibrium States of Iron-Sulphur Centers of Soluble Oea Ferredoxin, Membrane-Bound Ferredoxin in Bean Chloroplast and N-2 Center in Mitochondria//Studia Biophys. 1977. Vol. 63. P. 143–148.
16. Блюменфельд Л.А., Давыдов Р.М., Куприн С.П., Степанов С.В. Химические характеристики металлсодержащих белков в конформационно неравновесных состояниях//Биофизика. 1977. Т. 22. С. 977–994.
17. Сидоренко Н.П., Дещеревский В.И. Обобщенная форма кинетических уравнений ферментативного катализа, как следствие учета релаксации белковой макромолекулы//Биофизика. 1970. Т. 15. С. 785–792.
18. Чизмаджев Ю.А., Пастушенко В.Ф., Блюменфельд Л.А. К динамической модели ферментативного катализа//Биофизика, 1976. Т. 21. С. 208–213.
19. Feinmann R.P. Forces in Molecules//Phys. Rev. 1939. Vol. 56. P. 340–343.
20. Fain V.M. On the Theory of Rate Processes: the Role Coherent Mechanical Vibration//J. Chem. Phys. 1976. Vol. 65. P. 1854–1866.
21. Маленкова И.В., Куприн С.П., Давыдов Р.М., Блюменфельд Л.А. Синтез АТФ митохондриями, индуцированный быстрым повышением pH//Докл. АН СССР. 1980. Т. 252. С. 743–746.

22. Blumenfeld L.A., Burbayev D.S., Davydov R.M. Processes of Conformational Relaxation in Enzyme Catalysis//The Fluctuating Enzyme/Ed. G.R.Welch. John Wiley & Sons. N.Y., 1986. P. 369-402.

23. Blumenfeld L.A. ATP Synthesis by the Membrane Bound and Isolated H^+ ATPases after Jump-Like pH Increase//Structure, Dynamics and Function of Biomolecules/Eds A.Ehrenberg, R.Rigler, A.Gräslund, L.Nilsson. Springer-Verlag, Heidelberg, 1987. P. 187-190.

24. Блюменфельд Л.А., Тихонов А.Н. О возможном механизме синтеза АТФ в энергопреобразующих биологических мембранах//Биофизика. 1987. Т. 32. С. 800-813.

НЕОБРАТИМОСТЬ ЖИВОГО В ОПРЕДЕЛЕНИЯХ ФИЗИКИ ОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ

А.С.Харитонов

Любая физическая модель служит ограниченным целям своего исследования. Поэтому нужно следить за тем, чтобы цели исследования не исключались идеализациями, принятыми в основе выбранной модели исследования.

Л.Больцман. Публичные лекции

Забвение этого методологического принципа Л.Больцмана привело к разночтениям в таком важнейшем вопросе, как "что такое жизнь?" Начнем с цитат.

- Э.Бауэр: "живое - устойчивое неравновесие" [1].
- Шри Ауробиндо: "живое - неустойчивое равновесие" [2].
- Л.Больцман: "живое борется... за энтропию" [3].
- Э.Шредингер: "живое питается отрицательной энтропией" [4].

Жизнь в определениях теологии и статистической механики характеризуется упорядоченностью - порядком. В физике твердого тела и теории симметрии жизнь характеризуется беспорядком [5].

"Асимметрия является основным свойством живого" - Луи Пастер. Асимметрия во времени - это и есть необратимость. Асимметрия в пространстве - хиральность белков. Можно ли исследовать эту специфичность живого в рамках обратимых процессов в однородном и изотропном пространстве?

В своих последних работах И.Пригожин дает отрицательный ответ. Он считает, что необходимо отказаться от представлений о пространстве и времени Ньютона и Эйнштейна в модели второго начала для описания необратимых процессов, на основе которой можно было бы исследовать специфичность живого [6]. Другими словами, модели классической, квантовой и релятивистской механики, а также термодинамики не являются приемлемыми для решения основного вопроса о сути живого, так как эти модели рассматривают обратимые процессы. Правда, эта точка зрения Пригожина не нова, различных работ на эту тему, начиная с прошлого века, было достаточно. Остановимся на тех, которые кроме критики давали и позитивные решения.

Основополагающей в этом плане является работа Г.Герца [7], где заложены неньютоновские постулаты и законы для вариационных принципов механики. В механике Ньютона сила является независимым постулатом, поэтому он не касается вопроса возникновения и исчезновения движущих сил, а останавливается на том, как под действием заданной силы перемещается объект в пространстве. Живое от неживого отличается способностью создавать внутренние целенаправленные силы, используемые частично в дальнейшем. Впервые вопрос об исследовании возникновения и исчезновения сил был затронут в рамках механики Герца, где сила является понятием производным, определяемым характером изменения связей между частицами с наблюдаемыми и скрытыми массами. Однако сам Герц считал, что его модель не применима к анализу специфичности живого, поскольку он использует понятие частицы. До него на это обстоятельство обращали внимание Г.Гельмгольц, Г.Кирхгоф, К.Маркс [9] – после него А.Пуанкаре и Э.Мах. Наиболее важным достижением Герца нам представляется обобщение первого закона Ньютона. Оно настолько элементарно и глобально, что сам Герц не придавал ему особого значения. Наблюдаемая природа как изолированная система находится в состоянии покоя или равновесия, поскольку на нее не действуют внешние силы. Но эта изолированная равновесная система внутри себя порождает за счет изменения связей между своими частями движущие силы и необратимые процессы, так что глобальное равновесие природы в целом не нарушается. Такая точка зрения была естественна для того времени. Исходя из нее, Ю.Р.Майер – основатель закона сохранения и превращения энергии – заключил, что "движущая сила живого и неживого одна и та же!" [8]. Поэтому любое наблюдаемое движение есть стремление к равновесию, а состояние живого есть неустойчивое равновесие. Майер же обратил внимание на двойственное содержание движущих сил: движение может совершаться в пространстве и движение может быть связано с изменением структуры элементов. Правда, до него этот вопрос рассматривался школой Эпикура [9]. Главное же для нас состоит в следующем: изолированная система находится в равновесии, следовательно, все, в том числе и живое, подчиняется некоторой объективной Гармонии природы, поддерживающей это равновесие. Это обобщение Герцем первого закона Ньютона несовместимо с положениями термодинамики эргодических систем, где равновесие исключает макроскопические потоки вещества и необратимые процессы, т.е. весь набор термодинамических понятий для анализа живого неприемлем. На эту тему также было много работ. Напомним две из них.

Начнем со следующих вопросов: можно ли применять термодинамику к описанию живой природы; можно ли в рамках ее идеализации определить специфичность живой природы?

На эти вопросы впервые дал ответ один из основателей второго закона термодинамики В.Томсон в своих работах "О власти оду-

шевленных существ над материей" и "О проявляющейся в природе общей тенденции к рассеянию механической энергии" [10].

В первой работе Томсон остановился на том факте, что "тело животного работает не как термодинамическая машина".

Идеализация термодинамики по Карно [11] состоит в возможности пренебрегать природой рабочего тела – изменениями структуры элементов или, говоря современным физическим языком, изменениями квантовых взаимодействий. Ясно, что такая идеализация исключает анализ работы молекулярных механизмов живой природы. Квантовые взаимодействия молекул в живых организмах постоянно изменяются, внося свой вклад в создание движущих сил и в процесс совершения работы. Бауэр же считал, что специфичность живого состоит в "устойчивой неравновесности" элементов живых организмов. Поэтому законы равновесной термодинамики неприменимы к этим вопросам. Во второй упоминаемой работе В.Томсон показал всеобщность закона рассеяния механической формы энергии – частицами с постоянными свойствами для объектов живой и неживой природы.

"Живое возникло и существует в связи и под воздействием закона рассеяния солнечной энергии", – писал В.Оствальд [12]. Это явление рассеяния солнечной энергии приводит не только к росту хаоса, но и к росту порядка и к самоорганизации материи. Отсюда вытекает, что закон рассеяния энергии не сводится к его механической, чисто пространственной модели, когда частицы обладают постоянными свойствами, как это постулировано в статистической механике Больцмана. Второй же закон термодинамики определен только для частного случая, когда можно пренебречь природой вещества, что согласуется с положениями статистической механики. Поэтому Больцман и назвал свою модель идеальным газом, а Гиббс указывал на ограниченность механики консервативных систем для описания сложных процессов, когда механическое движение сопряжено с химическими (квантовыми) структурными превращениями вещества. Понятно, что структурные превращения частиц связаны с изменениями характера взаимодействий между ними и должны описываться нестационарными, неголономными связями, которые впервые описал Герц. Статистическая механика, в которой выведен закон механического рассеяния энергии, постулирует стационарность или квазиголономность связей между частицами, т.е. ограничена весьма частным случаем свойств природы. Вариационные принципы механики в рамках положений Гамильтона или Лагранжа предполагают разделение энергии на две части: кинетическую и потенциальную, а все движения сводят к перераспределению энергии между этими двумя частями. При этом потенциальная энергия является функцией только пространственных координат. Возможно ли в столь упрощенной модели реальности осмыслить феномен живого?

В настоящее время бессодержательность понятий мер хаоса и порядка, принятых в статистической физике эргодических систем,

показана в работе Л.А.Блюменфельда [13], где вычислена энтропия как мера хаоса для тела живого организма в 70 кг, равная 300 э.е., или равная испарению стакана воды. Им показано, что применять законы термодинамики и основанные на них модели неравновесной термодинамики и термодинамики диссипативных процессов вполне возможно при выполнении определенных условий для описания и в живой природе многих процессов и явлений, но специфичность живого при этих условиях анализу не поддается. Это еще один пример ограниченности нынешнего знания реального мира вещей, и в частности, положений и законов термодинамики. Физика не знает модели второго начала термодинамики или закона рассеяния энергии, где описан принцип необратимости, выражающий невозможность дважды войти в одну и ту же реку. Итак, принцип второго начала известен давно, но его математической модели не существует. На это обстоятельство обратила внимание математик Афанасьева-Эренфест [14]. Она подчеркивала, что известное выражение второго закона термодинамики ограничено равновесными обратимыми процессами. Для неравновесных и необратимых процессов есть только формулировка принципа: энтропия всегда возрастает по Клаузусу, или по Умову "система стремится к новому состоянию". Умов в своих трудах показал, что все органы чувств работают благодаря закону рассеяния энергии [15]. В.Оствальд видел специфичность живого в особенности проявления закона рассеяния энергии для живой природы. Эту особенность Больцман определял как борьбу за энтропию, за многообразие химических форм материи. Целенаправленный характер рассеяния энергии живыми организмами и растениями отмечает и Мейергоф [16]. С.И.Покровский ввел отличие живого от неживого по скорости приращения энтропии [17]:

$$\frac{\delta S}{\delta t} \text{ живое } \gg \text{ неживое } \frac{\delta S}{\delta t}. \quad (1)$$

Чем выше скорость приращения энтропии, тем выше уровень организации объектов, в том числе и живых. Вопрос: энтропия какого процесса возрастает по пространству или по структурному многообразию химического состояния вещества? По Шредингеру, с позиции идеального газа живое питается отрицательной энтропией. Значит, как считал Больцман, по структуре. В связи с этим обратим внимание на работу Кобозева, где показано, что максимальное значение преобразования или рассеяния энергии достигается при максимуме энтропии процесса, когда две различные компоненты "векторная и броуновская", в нашем случае пространственная и структурная, соотносятся как 2 : 1. Следовательно, все живое рассеивает преимущественно за счет структурных изменений, а неживое — за счет пространственных. Итак, в природе имеются два оптимума 2 : 1 максимальной энтропии процесса: один пространственный, другой структурный.

Но, как отмечал сам Кобозев, для анализа биологических явлений

надо отказаться от "эргодной" модели термодинамики и рассмотреть более полное определение энтропии, включающее как меру хаоса, так и меру порядка. Блюменфельд определил задачу биологической кинетики как исследование поведения неравновесных систем с неравновесными частицами, которая подчиняется гармонии глобального равновесия природы в целом в рамках неэргодической модели.

Для подтверждения сказанного выше рассмотрим два примера: 1) необратимое расширение газа и 2) равновесие цепной макромолекулы как нетермодинамической (неэргодической) системы. При изотермическом расширении, когда процесс квазиравновесен и обратим, бесконечно малое приращение объема вызывает рост энтропии как меры хаоса. Такое расширение газа описывается ростом микроскопического беспорядка согласно статистической модели идеального газа по постулатам Больцмана или Гиббса. При этом энергия газа может быть задана равной канонической функции Гамильтона:

$$E = H(p, q) / A - \text{const}, \quad (2)$$

где A – набор условий, при которых справедлива эта модель.

При значительном расширении газа изменяются квантовые взаимодействия между атомными ядрами молекул и их электродной подсистемой. Изменение квантовых взаимодействий приводит к тому, что число и набор классических степеней свободы изменяется (для квантовой модели меняется не число, а только набор степеней свободы). Посмотрим, как он меняется. В конденсированном состоянии газ характеризуется поступательными, вращательными, колебательными степенями свободы и их кооперативными проявлениями. При расширении до бесконечности в газе остаются только поступательные степени свободы (электронной подсистемой в данном случае можно пренебречь). Итак, если мы вслед за Больцманом введем распределение вероятностей не только в конфигурационном пространстве микросостояний (q), но и в пространстве наборов степеней свободы (l) и будем их описывать статистической мерой хаоса:

$$I = - \sum_i f_i(l) \ln f_i(l), \quad (3)$$

то можно видеть, что рост хаоса в конфигурационном пространстве (q) сопровождается убыванием меры хаоса в пространстве наборов степеней свободы (l) [19]:

$$\Delta I(q) = -\Delta I(l). \quad (4)$$

Таким образом, как только энергию газа рассматриваем как сумму энергий атомных ядер, электронной подсистемы и энергии взаимодействия между ними:

$$E = H_a(p, q) + H_e(p, q) + U_{a-e} / B - \text{const}, \quad (5)$$

где B – новые условия идеализации, то в отличие от идеального газа мы видим симметрию между приращением меры хаоса по одним параметрам и ростом порядка по другим. Иными словами, для необратимых процессов имеет место симметрия для изменения мер хаоса, которая отсутствует во втором законе термодинамики, так как она пренебрегает квантовой природой вещества. Квантовая статистика ограничена квантовым адиабатическим приближением, т.е. когда энергию взаимодействия можно игнорировать – приближение Борна-Оппенгеймера. И самое главное – из-за изменений квантовых взаимодействий в спонтанных процессах в природе не существует классических частиц с постоянными свойствами. При этом насчитывается три независимых класса параметров: координата, импульс и набор степеней свободы, в то время как в механике Гамильтона или Лагранжа насчитывается только два первых из упомянутых параметра. Эти методы аналитической механики ограничены постулатом о постоянстве числа степеней свободы, а в необратимой природе это параметр переменный. Наличие третьего класса независимых параметров приводит к невыполнимости условий Фробениуса о существовании полного дифференциала как функции состояния системы. Если грубо оценить число рассматриваемых наборов степеней свободы как число сочетаний различных степеней свободы i за счет делокализации валентного электрона:

$$\Omega = \sum_{i=1}^n C_{3N}^i, \quad (6)$$

где N – число атомов во Вселенной, то ни за какое время существования Вселенной система не может возвратиться в прежнее состояние – второе начало термодинамики удовлетворяется в условиях, когда молекулы постоянно неравновесны и изменяют свои свойства за счет обмена энергией между электронами и атомными ядрами. Итак, как только мы отказываемся от квантового адиабатического приближения, законы классической механики и термодинамики становятся несостоятельными.

Мы рассмотрели пример спонтанного необратимого процесса, теперь рассмотрим пример статистического равновесия, в котором нельзя пренебрегать энергией взаимодействия между электронной и атомной подсистемами. Примером такого объекта является свободная макромолекула в растворителе при постоянной температуре раствора. Неприменимость к ней законов статистической механики и термодинамики подробно исследована в работе И.М.Лифшица [20]. Поэтому остановимся только на некоторых моментах, уточненных в работе [19].

Макромолекула с постоянной энергией как равновесная система с растворителем состоит из неравновесных частей: возникают спонтанные потоки энергии, изменяются величина и место сегмента,двигающегося поступательно, вращательно или колебательно под воздействием постоянно изменяющейся связи между атомами как

вдоль цепи, так и при объемных взаимодействиях. Это напоминает автору модель Герца. Макромолекулу нельзя представить состоящей из частиц с постоянными свойствами, плотность клубка макромолекулы не является термодинамическим параметром. Времена характерных пульсаций плотности пропорциональны квадрату числа звеньев $\tau \sim N^2$ в пределе $N \rightarrow \infty$ любое состояние макромолекулы неповторимо. Итак, для описания свободной макромолекулы неприменим ни один постулат механики или термодинамики, а из макромолекул состоит все живое на Земле. На каком же языке его описывать?

В качестве очередного шага в этом направлении автор предлагает использовать уравнения статистической симметрии для изменений мер хаоса и порядка как обобщенного выражения второго закона термодинамики для изолированных и открытых систем [19]. Краткое содержание модели сводится к следующему.

Изолированная система находится в состоянии статистического равновесия. Энергия такой системы задается с помощью статистического уравнения:

$$E = \Theta \ln K = \Theta \left[\sum_{i=1}^k f_i \ln (K f_i) - \sum_{i=1}^k f_i \ln f_i \right], \quad (7)$$

где Θ – параметр интенсивности изменения состояний; первое слагаемое I – статистическая мера хаоса; второе слагаемое G – статистическая мера порядка. Вероятность допустимого микросостояния системы – $f_i(p, q, l)$. Равновесие в системе задается равенством в среднем по времени действия и противодействия (процесса хаотизации и процесса упорядочения): $I = G$.

Равенство мер хаоса и порядка приводит к каноническому распределению для каждого из взаимоуравновешивающих процессов по отдельности.

Это уравнение как частный случай содержит второй закон термодинамики. Отличие состоит в том, что в термодинамике рассматривается функция одной переменной (q) – обобщенной координаты, а в новой модели – трех классов параметров: (p, q, l) . В термодинамике и механике Ньютона движение возникает за счет внешней силы, а в предлагаемой модели равновесие не нарушается такими процессами, при которых несколько возрастает мера хаоса по одним параметрам, настолько же возрастает мера порядка по другим (4):

$$\Delta I(p, q) = \Delta G(l) \quad (4')$$

или суммарное приращение мер хаоса по трем порядкам равно нулю:

$$\Delta I(q) + \Delta I(l) + \Delta I(p) = 0. \quad (8)$$

Отсюда вытекает, что возможны шесть путей эволюции M :

$$M = 2^3 - 2 = 6, \quad (9)$$

где два процесса – или только рост хаоса, или только рост порядка запрещены законом сохранения меры хаоса или энергии. Поскольку уравнение сохранения меры хаоса можно записать из расчета на единицу энергии, то оно становится справедливым и для открытых систем, т.е. уравнение (4') приобретает смысл универсальности, названной нами статистической симметрией.

Тогда биологический объект можно рассматривать как неустойчивое равновесие между мерами хаоса и порядка. При этом живое упорядочено в импульсном и конфигурационном пространстве микросостояний и хаотизировано в пространстве наборов степеней свободы:

$\Delta I(p) < 0$, $\Delta I(q) < 0$ – живое питается отрицательной энтропией по параметрам p и q ;

$\Delta I(l) >> 0$ – живое борется за энтропию по параметру.

Если $\Delta I(p) = -1$, $\Delta I(q) = 1$, то $I(l) = 2$. Похоже на критерий оптимума Кобозева 2 : 1, если не фиксировать (p) .

Итак, в равновесной системе энтропия постоянна для полной совокупности параметров, что не исключает спонтанной необратимой эволюции ее частей. В основе предлагаемой модели лежат новые подходы к вопросам исследования природы, отличные от механики Ньютона. Но она не отменяет и не заменяет механику Ньютона, так как отвечает другим целям исследования, а дополняет ее на основании идей, частично предложенных еще Герцем.

Когда Гейзенберг спрашивал Бора: "Что же делать с квантовой физикой, если она не применима к специфическим биологическим вопросам?", Бор отвечал достаточно неопределенно: "Надо пользоваться принципом дополнительности!" [21]. Дополнительности чего? Видимо, дополнительностью новых физических моделей к известным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э. Теоретическая биология. ВИЭМ, 1935.
2. Сатпрем. Шри Ауробиндо или Путешествие сознания. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989.
3. Больцман Л. Статьи и речи. М.: Наука, 1979.
4. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М.-Л.: Изд-во ИЛ, 1947.
5. Гредескул С.А., Пастур Л.А. И.М.Лифшиц и теория неупорядоченных систем. М.: Знание, сер. "Физика", № 10. 1987.
6. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986.
7. Герц Г. Принципы механики, известной в новой связи. М.: Изд-во АН СССР, 1959.
8. Майер Ю.Р. Закон превращения и сохранения энергии. М. 1934.
9. Маркс К. Отличия натурфилософии Эпикура от натурфилософии Демокрита//Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 47. М. 1975.
10. Томсон В.//Второе начало термодинамики. М.-Л.: 1934. С. 177, 180.
11. Карно С.//Второе начало термодинамики. М.-Л.: 1934. С. 17.
12. Оствальд В. Энергетический императив. СПб., 1913. С. 123.

13. Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. М.: Наука, 1974.
14. Афанасьева-Эренфест Т.А. Необратимость, однородность и второе начало термодинамики//Журн. прикладной физики. 1928. Т. 5. Вып. 3,4. С. 3–29.
15. Мейергоф О. Термодинамика жизненных процессов. М.-Л., 1928, 84 с.
16. Умов Н.А. Физико-механическая модель живого. М., 1902.
17. Покровский С.И. Энергия и чувство времени. ЖРФ ХО, физ. отд. 1914. Т. 1. № 5.
18. Кобозев Н.И. Собр. соч. Т. 2. М., МГУ, 1978. С. 3.
19. Харитонов А.С. Знание, сер. "Химия". № 7. М 1991.
20. Лифшиц И.М. Журн. exper. и теорет. физики. 1968. Т. 55. С. 2408.
21. Гейзенберг В. Физика и философия, М.: Наука, 1989. С. 232.

"ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ" Э.С.БАУЭРА В СВЕТЕ ПРИНЦИПА АСИММЕТРИИ

И.Д.Акопян

Концепция теоретической биологии Эрвина Симоновича Бауэра сегодня представляет отнюдь не только исторический интерес, но в определенном смысле более актуальна, чем современные синергетические концепции, стремящиеся к объяснению самоорганизации биологических объектов.

Однако, чтобы понять все значение работы Бауэра и суметь вписать основные положения ее в те "белые пятна" современной естественно-научной картины мира, которые невозможно заполнить никакими иными идеями, нужно расшифровать "принцип устойчивого термодинамического неравновесия" (принцип Бауэра) как принцип асимметрии.

Асимметрия как нарушение симметрии воспринимается сегодня как структурообразующий принцип и привлекает пристальное внимание физиков и биологов. Достаточно сказать, что проблема происхождения жизни – это прежде всего проблема происхождения молекулярной асимметрии и хиральной чистоты биосферы или, пользуясь терминологией Бауэра, проблема перехода вещества в состояние устойчивого термодинамического неравновесия.

Бауэр отмечает, что на необходимость систематического изучения отклонения от состояния термодинамического равновесия как "первичного свойства" живых существ обращали внимание многие исследователи. "Тем удивительнее, – пишет он, – что, признавая это положение, из него не делают всех выводов и твердо придерживаются представления о постоянном нарушении равновесия извне".

Ситуация аналогична той, что сложилась с концепцией нарушения симметрии, которая будучи важнейшим принципом теоретической физики, все еще не осознается как закон структурообразования и самоорганизации, ибо в системе физического знания нет места асимметрии, а суть разные формы ущербности ее антипода, которые, естественно, не могут получить статуса физического закона. Но то, что кажется непосильным для физика еще и сегодня, совершает биолог более полувека тому назад, формулируя "все-

общий закон биологии, который гласит: все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях".

Это можно понимать как провозглашение асимметрии всеобщим законом биологии. Бауэр открыл и сформулировал закон, который описывает тенденцию живой природы к образованию и усложнению структур противоположную стремлению к их разрушению и деградации, о которых трактует второй закон термодинамики. Это новое "жизненное начало" — своеобразный принцип *сохранения асимметрии* в живой природе — он мыслит как научный закон.

Принцип Бауэра переносит нас на почву науки о живом, обеспечивая ей надежный фундамент и утверждая, что законы физики не теряют здесь своего значения. Правда, ликвидировать водораздел между науками о живой и неживой природе ей не удастся. Бауэр вообще не ставит вопроса о том, как возможен переход от второго закона к принципу устойчивого термодинамического неравновесия, для постановки которого тогда просто не настало еще время. Он ставит проблему создания "общей теории живой материи" — шаг, непосредственно следующий за дарвиновской теорией эволюции и приближающий к центральной проблеме биологии — проблеме жизни.

Теории самоорганизации перескакивают через этот этап, ибо занимаются не вопросами, касающимися организма и законов его существования, а механизмами самоорганизации макромолекул, отбора на молекулярном уровне, переходов через бифуркационные точки и др. Между тем Бауэр вскрывает именно самую слабую сторону дарвиновского учения и развивает его учение в направлении закона существования живых организмов — того самого неизвестного науке закона, о необходимости которого заговорили физики десять лет спустя, словно ни Бауэра, ни его принципа вовсе не существовало.

Сегодня принцип Бауэра восстановлен в своих правах, хотя и до понимания всей его значимости еще далеко. В определенном смысле эта концепция сегодня более актуальна, чем самые злободневные самоорганизационные и синергетические теории. В этой связи следует обратить внимание на одну немаловажную деталь, явно ускользающую от внимания авторов последних.

Принцип Бауэра проводит линию демаркации между живыми и неживыми системами. Состояние термодинамического неравновесия живой системы отличается *устойчивостью*. В переводе на молекулярный язык эта устойчивость означает асимметричную, или хиральную чистоту биосферы, и мы не знаем "ни одной неживой системы, у которой неравновесное состояние обладало бы признаком устойчивости". А это означает, что живая система и диссипативная структура отличаются принципиально. Чтобы стать "живой", диссипативной структуре нужно преодолеть барьер неустойчивости, случайности и непредсказуемости и обрести ту *чистоту* состояния

асимметрии или термодинамического неравновесия, которая отличает живую систему от неживой.

Научный подвиг Бауэра состоит именно в том, что он дерзнул объявить асимметрию χ (выраженную на языке термодинамики) фундаментом науки о живом, первой и первостепенной стороной феномена жизни, оставив за симметрией второе среди равных место. Правда, на языке физики его принцип прозвучал столь косноязычно – устойчивое термодинамическое неравновесие – что расшифровать и понять все его значение стало возможно только после того, как асимметрия стала камнем преткновения и для физики.

БИОИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОСИСТЕМ

Р.А.Прочуханов

Предлагаемая вашему вниманию работа посвящена определению принципов структурной организации биосистем в свете обсуждаемых основных проблем теоретической биологии и возможности использования ее основных достижений в медицине.

Мне представляется, что основные идеи Э.Бауэра [6], и прежде всего его определение роли "активной структуры" в организации и устойчивости биосистем, должны занять достойное место в медико-биологических исследованиях.

Анализ литературы по экспериментальной и клинической патологии демонстрирует сегодня, к сожалению, отсутствие корректной теоретической базы или однобокий, в основном функциональный подход [2], на котором строится как терапия, так и диагностика в современной клинике.

При определении основного понятия Биосистема (БС) обычно используют сегодня два источника: Кибернетика определяет его как самоорганизацию [46], Синергетика – как саморазвитие [40]. Мне представляется, что не грех вспомнить и о третьем источнике – Святом писании [14], где предлагается вполне корректное понятие – самосовершенствование. Опираясь на довольно популярный сегодня четвертый источник Диалектику [12], необходимо выделить основные признаки, определяющие данное понятие. Такими признаками (свойствами) могут быть: репродукция, гомеостаз и адаптация [26, 47]. Примем эти три свойства в качестве базовых определителей биосистем и остановимся подробнее на каждом из них.

Мне представляется, что основные фундаментальные свойства БС могут быть описаны только при соединении объекта с многомерными методами его описания, что может быть достигнуто средствами структурного анализа [1, 19, 26]. Структура любой биосистемы на разных уровнях организации (от клетки до организма) включает наряду с формальными признаками (размер и форма) ряд переменных факторов [7]. Они характеризуют динамичность

БС, наличие и смену фаз ее жизненного цикла, который развертывается в n -мерном пространстве признаков, где проявление любой функции и время есть только отдельные составляющие, мало говорящие о состоянии БС [5, 43]. Поэтому, выбирая признаки для описания состояния БС, такие как репродукция, гомеостаз и адаптация, мы вынуждены признать, что они не могут быть описаны на основе только функционального подхода [26].

В реальной жизни мы сталкиваемся с обратной ситуацией – вся клиническая диагностика сегодня строится на функциональных методах, на работе лабораторий функциональной диагностики, особенно в отделениях реанимации и интенсивной терапии [31]. Это та реальность, с которой патологу приходится иметь дело постоянно. Клиницисты диагностируют по различным функциональным показателям недостаточность различных органов и систем, пытаются с ней бороться, но... и далее мы констатируем вместе причину смерти. По функциональным и биохимическим пробам – причина в недостаточности сердца, легких, почек и т.д. Результатами вскрытия это иногда удается подтвердить, а иногда нет, особенно если реанимация и интенсивная терапия продолжались длительное время. В таких случаях обычно разводят руками и говорят о пределах метода [28]. Ну, а если попытаться оценить состояние органов и систем сразу после констатации смерти, применяя комплекс специальных методов !? [24, 4].

Такую уникальную возможность мы получили, организовав на базе клинической прокуратуры срочные вскрытия [3, 4]. За десять лет был исследован большой материал (более тысячи секционных случаев) с разной патологией. В качестве основного метода использовался комплексный количественный гистохимический анализ [22] основных органов и тканей с учетом пола, возраста, нозологии, синдрома и т.д. Общим итогом этих исследований явилось обнаружение явного несоответствия результатов структурно-метаболического анализа клинической (функциональной) оценке состояния органов и систем.

Я окончательно убедился в бесперспективности поиска "морфологического эквивалента" функций, более того, уверен, что за стереотипными клиническими формулировками (недостаточность органов и систем) скрываются самые различные изменения состояния БС, требующие других оценок и, что особенно важно, совсем другой тактики [25, 28]. Применение биологически активных факторов (БАФ) в реанимации и интенсивной терапии должно базироваться на иных принципах оценки состояния БС, где на первый план выступает многомерный структурный анализ, включающий обязательный учет фазовых состояний БС на разных уровнях организации.

Начнем для примера с клеточного уровня организации БС. Любая клетка проходит свой жизненный цикл, в котором выделяют несколько фаз. Этот цикл включает основные состояния – репродукцию, адаптацию, гомеостаз [11, 35]. При этом *репродукция*

может включать полный вариант дублирования информационных систем, т.е. фазу синтеза (дублирования ядерной ДНК) и фазу митоза – "дискретный" вариант цикла – вместо одной образуются две клетки и т.д. Второй вариант жизненного цикла – "непрерывный", смена фаз не сопровождается резкими изменениями клеточного пространства, а обеспечивается внутриклеточным мембранным потоком [15]. Он сопровождает и обеспечивает внутриклеточную репарацию – смену органоидов, репарацию ядерного аппарата, изменения количества и качества рецепторов. В пределах данного пространства воспроизводится информация, формируется новая клетка.

Третий вариант жизненного цикла – "редуцированная" репродукция (субституция), мембранный поток и смена фаз сопровождается изменением количества и качества информации (редукция органоидов, включая ядро: эритроциты, тромбоциты, эпителий кожи и слизистых оболочек). Смена фаз в этом варианте сопровождается преобразованием клеточного пространства и гибелью клеток.

Четвертый вариант – "смешанный", где репродукция через дискретный вариант переходит в непрерывный, а потом в редукцию и смерть [42]. Этот вариант является отражением жизненного цикла следующего структурного уровня (клеточной популяции).

Эти четыре варианта жизненного цикла клеток и клеточных популяций в различных сочетаниях формируют все многообразие структурных форм в организме животных и человека [7, 29]. Принципиально важным является то, что любая фаза жизненного цикла при любом варианте репродукции может быть определена как "устойчивое неравновесие" (Бауэр). "Гомеостаз" нами используется как условное обозначение устойчивого состояния биосистем [26]. Степень или ширина порога устойчивости для любой фазы жизненного цикла клеток имеет определенные пределы, это и определяет возможность сохранения системы при действии любого сигнала, т.е. "адаптацию" [34].

Итак, репродукция обеспечивается сменой фаз устойчивого неравновесия, т.е. воспроизводство биоинформации в БС может быть описано как периодический процесс в "биополе" [13]. "Биополе" – есть многомерное пространство (информационно-активная среда), в котором самопроизвольно формируются неравновесные состояния с определенной частотой – периодичностью (типа автоволн) как способ передачи биоинформации, реализуются заведомо разными биосредствами, но по общему принципу [10].

Мы имеем дело с существованием пространства, свойства которого включают как дискретность, так и непрерывность, что в свою очередь определяется координатами и способом учета. Регистрация этого процесса может осуществляться разными средствами, но при соблюдении основного условия – учета его пространственной организации (анализа изображения). В качестве примера конкретной реализации этого принципа можно остановиться на результатах гистохимического исследования кожи человека в точках акупунк-

туры [27]. Эта задача была поставлена в связи с потребностями клинической практики — улучшения ранней диагностики хронизации патологического процесса. Учитывая задачу данной работы, я остановлюсь только на теоретической части и фактах, ее освещающих.

Выделение точек акупунктуры и меридианов на поверхности кожи как информационного аппарата организма сегодня не вызывает ни у кого возражения. Многочисленные попытки морфологической идентификации этих областей кожи пока не увенчались успехом, более того в итоговых публикациях [17, 39] авторы приходят к общему выводу, что эти области кожи не обладают качественными отличиями по морфологическому строению, но не исключают количественных отличий. Поэтому, подходя к методическому обоснованию этой работы, мы не пытались уточнять предыдущие исследования, а сразу взяли за основу методы оценки фазовых состояний клеток и клеточных популяций [24]. Нам представлялось удобным начать исследование с эпителия кожи, где смена фаз клеточных популяций имеет пространственную ориентацию. Маркировка фазовых состояний клеток проводилась методами количественной гистохимии и в качестве маркеров были использованы неспецифические показатели состояния митохондрий (НАД-диафороза) и состояния лизосом (КФ — кислая фосфатаза) [20]. Работа проводилась на пункционных биопсиях кожи больных, страдающих различными формами хронического гепатита [36].

Обработка гистохимических препаратов проводилась на сканирующем микроскопе фотометре МЦФ-У2 с автоматическим анализом изображений, по специальной программе, разработанной для анализа полутонковых изображений [33]. Статистическая обработка проводилась на ЭВМ ЕС-1045 с элементами факторного анализа [37]. На первом этапе мы проводили сравнение результатов специальной математической обработки изображений (они были представлены в виде "гранулярных спектров") [33], полученных с разных участков кожи: первый участок — проекция печеночной точки акупунктуры, второй — нейтральная зона (вне зоны меридиана). Сравнение этих зон показало, что их гранулярные (частотные) спектры имеют достоверные отличия, как по НАД, так и по КФ, т.е. в информационных зонах кожи пространственная организация клеточных популяций (эпителия) имеет свои спектральные особенности. Это давало основание предполагать, что в спектральной характеристике данной клеточной популяции зашифрована информация о состоянии органа, проекция которого представлена в данном участке кожи. Поэтому на втором этапе мы разделили материал по клиническим формам гепатита (персистирующий и активный гепатит), т.е. по разной степени поражения органа [36]. Сравнение этих групп по исходным спектрам не дало однозначных результатов. После длительного периода проб и ошибок мы убедились в необходимости перехода от исходных данных к интегральным признакам, в которых найдет свое отражение исходная информация о

частотных спектрах как по методикам (НАДиКФ), так и разным участкам кожи у каждого больного.

Для решения этой задачи мы использовали методы факторного анализа, в частности, метод главных компонент и дискриминантный анализ, первый для получения интегральных признаков, второй для проверки основной гипотезы [37]. Результаты последовательного анализа основных главных компонент в качестве интегральных признаков для последующего дискриминантного анализа (оценки качества классификации) показали, что информация о состоянии органа (печени) действительно зашифрована в спектрах периодических процессов, протекающих в клеточных популяциях эпидермиса кожи и регистрируемых при анализе изображения. Но для расшифровки этой информации необходимо выбрать оптимальный набор признаков и факторов. В нашем примере такой набор включал выбор определенных частот и определенных главных компонент, одна из которых отражала индивидуальные особенности (реперный признак), а вторая — состояние конкретного органа. В результате такой набор обеспечил оптимальный вариант классификации — более 80%.

Этот пример достаточно четко иллюстрирует основное теоретическое положение — смена фаз жизненного цикла клеток в клеточных популяциях формирует периодический процесс, в котором шифруется информация как о состоянии данной клеточной популяции, так и других, т.е. обеспечивается передача информации о состоянии других клеточных популяций, включая и их комплексы — гистогематические барьеры (ГГБ). Понятие ГГБ сегодня широко применяется в медико-биологических исследованиях [44, 45]. Мы использовали его для условного обозначения принципа структурной организации гомеостаза в БС как пространственного отражения "устойчивого неравновесия" на тканевом уровне [9, 26]. Остановимся подробнее на этом понятии.

Смена фаз жизненного цикла клеток в конкретной клеточной популяции реализуется как генетическими, так и эпигеномными механизмами передачи информации, потенцирует (регулирует) этот процесс внешняя среда, информационный поток биологически активных факторов (БАФ). Прямое влияние его на клетку практически исключено [9, 45]., а вернее, опосредовано универсальным структурным окружением, включающим не менее трех компонентов: клетки данной популяции, свободные клетки стромы (СКС), эндотелий микрососудов. Этот универсальный структурный комплекс и составляет ГГБ, в самом названии которого отражено основное свойство — ограничение передачи информации как из крови в ткань, так и обратно. Этот комплекс постоянно обеспечивает наличие "информационного градиента" — устойчивое неравновесие — в конкретных органах и тканях, преобразуя внешний информационный поток через изменения собственного "биополя". Таким образом, "гомеостаз" на

каждом уровне пространственной организации имеет соответствующее структурное обеспечение и соответствующие пороги устойчивости – адаптации [34].

Итак, адаптация определяется порогами устойчивого состояния, в пределах которых система может сохранить характерный биоритм и соответствующую информационную структуру биополя.

В клетке устойчивое состояние сопровождается сменой фаз (репродукцией – репарацией), в клеточной популяции – сменой фаз (кинетикой клеточной популяции), а в тканях – сменой фаз в ГГБ. Смена фаз в ГГБ определяется возможностью интеграции периодических процессов, протекающих в клеточных популяциях, составляющих ГГБ.

Интеграция периодических процессов на разных структурных уровнях формирует многовекторные поля (биополя), через которые принимается и передается информация, включая прежде всего управляющие сигналы информационных систем организма (нервной и эндокринной системы) [2, 38].

Классические системы управления – нервная (НС) и эндокринная (ЭС), обеспечивая интеграцию систем в организме через химические и другие посредники, по структуре полностью отражают вышеизложенный принцип организации биосистем. В них прежде всего четко обозначен структурный преобразователь внешней информации – ГГБ, также четко регистрируется смена фаз в отдельных клетках и в клеточных популяциях [9], образующих в НС ядра и поля, в ЭС – зоны и отделы [21, 32]. Многолетний опыт исследования ЭС животных и человека [23, 25] при различных вариантах экспериментальной и клинической патологии [16, 32] позволяют нам и на уровне интегральных систем организма провести анализ биоинформационных принципов организации биосистем. Классической моделью при исследовании ЭС, до сих пор очень популярной в медико-биологических работах, являются модели, разработанные Г.Селье, т.е. общий адаптационный синдром (ОАС)–стресс-реакция. Именно на структурном обосновании этого синдрома мы впервые (20 лет назад) столкнулись с невозможностью связать реакцию ЭС на стресс с адаптацией, т.е. вопреки трактовке Г.Селье и его последователей характер структурно-метаболической реакции в различных звеньях ЭС не укладывался в классическое представление о ОАС. Более того, анализируя структурное обеспечение полового цикла в основных звеньях ЭС, мы выявили структурно-метаболическую реакцию в заведомо разных клетках и клеточных популяциях, независимо от их функциональной специализации [32, 25]. Это дало основание для формулировки гипотезы о структурно-метаболическом "сцеплении" клеток в первичных клеточных агрегатах – "гистионах" [23]; на примере полового цикла в различных вариантах его реализации мы впервые столкнулись со структурным проявлением пространственной организации периодических процессов.

Применение принципа физиологической стабилизации ЭС в эксперименте

	Экспериментальная модель	Результаты	
		исходный опыт	при стабилизации ЭС
Острый стресс	Гипергравитация (крысы, свинки; 85 об/мин – 200 мин)	гибель 80% животных	гибель 40% животных
	Гипоксия (крысы, 3,4% O ₂)	гибель 50% животных	гибель 35% животных
Хронистресс	Гипокинезия (крысы, 30 дней)	гибель 40% животных	выживали все животные
	Химическая затравка (крысы, стирол, 4 мес)	нарушение эстрального цикла	сохранение эстрального цикла
	Повреждение поджелудочной железы (крысы)	развитие вторичных аллергических некрозов поджелудочной железы	уменьшение аллергических проявлений

Естественным следствием из новых теоретических представлений явилась разработка теоретических основ профилактики и защиты биосистем при стрессе (принцип физиологической стабилизации эндокринной системы – ФСЭС [26]). Остановимся подробнее и поясним этот принцип на примере проверки его при экспериментальном и клиническом "стрессе". В таблице представлены результаты проверки принципа ФСЭС в различных вариантах экспериментального стресса как острого, так и хронического. Для экспериментальной модели использовались наиболее популярные и хорошо отработанные методы: гипергравитация, гипоксия, гипокинезия, химическое – токсическое и холодовое повреждение [16, 30]. Для проверки основной гипотезы проводилась фармакологическая стабилизация АКГГ-функции гипофиза дексаметазоном и глюкокортикоидной функции коры надпочечников метапироном по специально отработанной схеме [18], сохраняющей эти функции на базальном уровне. Результаты, приведенные в таблице, четко показывают, что предварительное ограничение функций ЭС в пределах физиологической нормы резко увеличивает порог устойчивости организма в экстремальных условиях, как в остром, так и в хроническом эксперименте у различных видов животных [16, 30]. Это позволило провести проверку данного принципа в клинике при самых различных заболеваниях. Клиническая проверка включала как профилактику острого стресса при подготовке и проведении операции, так и лечение острых и хронических заболеваний [16, 26]. В качестве стабилизатора использовался дексаметазон в дозах, исключаящих периферический (заместительный) эффект, но с обязательным учетом суточного ритма.

Резюмируя результаты, можно сделать следующее заключение: проверка принципа ФСЭС при острых и хронических заболеваниях подтвердила правильность основных теоретических положений о

роли ЭС в "стресс-реакции", сделанных нами на основе "структурно-метаболического" анализа ЭС в различных экспериментальных моделях. Эта проверка еще раз подтвердила, что резкое изменение любой функции ЭС, как усиление, так и угнетение, не является адаптацией, а отражает нарушение регуляции – "дисгормоноз".

В свете основных задач данного сообщения эти примеры подтверждают тезис о том, что оптимальный вариант сохранения гомеостаза – это обеспечение естественного биоритма в конкретной биосистеме, даже в экстремальных условиях нарушения экосистем. Важно также подчеркнуть, что стресс для биосистем есть неспецифическое нарушение биоритмов, где ЭС выступает в роли демонстратора этих нарушений, закрепляя и навязывая патологический ритм, на тканевом и клеточном уровне. Наиболее ярким подтверждением этого является нарастающий дефицит репродукции (физиологической репарации) в наиболее интенсивно репарирующих тканях с дискретным типом репродукции, что описал еще Селье в классической модели "стресс-реакции" (я имею в виду развитие на высоте стресса язв в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), атрофию тимуса и лимфопению [37]). Сегодня хорошо известно, что именно в этих тканях скорость репродукции достигает максимума (смена эпителиального комплекса в ЖКТ проходит за 2-3 дня [41]). Поэтому достаточно ненадолго замедлить смену фаз клеточного цикла или перевести дискретный вариант в непрерывный – и мы получим признаки повреждения или атрофии, что прежде всего происходит при резком изменении частоты и амплитуды биоритма в ЭС – основном модуляторе биоритмов в ГГБ тканей-мишеней [41]. Стабилизация основных функций в ЭС в пределах физиологического оптимума (суточный ритм) обеспечивает возможность восстановления основных ритмов репродукции в тканях-мишенях за счет собственных биоритмов в ГГБ [21, 32].

Заключая работу, необходимо подвести основные итоги и предложить для обсуждения следующие основные положения:

1) в основе организации любой биосистемы лежит структурный принцип, т.е. в роли "системоорганизующего" фактора (фактора порядка) выступает сама структура, пространственный организатор, накопитель и передатчик биоинформации;

2) "биоинформация" – это постоянно существующий градиент в многомерном пространстве признаков, организация (структура) которого обеспечивает информационно-активную среду (биополе);

3) "биополе" – это информационно-активная среда, т.е. такое пространство, в структуре которого возможно самопроизвольное, периодическое изменение градиента (волны биоинформации);

4) периодическое изменение пространства – волны биоинформации – обеспечивает устойчивое неравновесие – гомеостаз, сохранение которого определяется порогами устойчивости (адаптацией);

5) методами выбора при определении тактики защиты биосистем должны являться методы биоинформационного управления, основанные на учете индивидуальных биоритмов. Оценка индивиду-

альных биоритмов и создание информационного банка данных о них должны стать основным направлением в стратегии здравоохранения;

б) и наконец, если мы вернемся к трем основным источникам, с которых мы начали это сообщение, – Кибернетика, Синергетика и Святое писание, то не трудно прийти к общему заключению – Самоорганизация, Саморазвитие и Самосовершенствование есть три качества живых систем, составляющие их неразделимую сущность. "Он Един в Троице, и Троица во Единице".

ЛИТЕРАТУРА

1. Акофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах. М.: Советское радио, 1974. 269 с.
2. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1978. 447 с.
3. Аброян Н.А., Журавлева Т.Б., Клечиков В.З., Прочуханов Р.А. Организация круглосуточной работы патологоанатомического отделения многопрофильной клинической больницы//Методические рекомендации. МЗ РСФСР. Л., 1983.
4. Аминова Х.К., Федосенко К.В. Функционально-морфологические особенности внутриорганный сосудистого русла миокарда человека при некоторых патологических состояниях//Нарушение эндокринного и иммунного гомеостаза при важнейших заболеваниях. Л.: 1985. С. 85.
5. Алякринский Б.С. Адаптация в аспекте биоритмологии. Проблемы временной организации живых систем. М., 1979. С. 8–36.
6. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. Л., 1935. 206 с.
7. Белоусов Л.В. Биологический морфогенез. М.: Изд-во Московского ун-та, 1987. 239 с.
8. Баевская Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 295 с.
9. Бредбери М. Концепция гемато-энцефалического барьера. М.: Медицина. 1983.
10. Васильев В.А., Романовский Ю.М., Яхно В.Г. Автоволновые процессы в распределенных кинетических системах// Успехи физ. наук. М., 1979. Т. 128. Вып. 4. С. 625.
11. Волькенштейн М.Н. Биофизика. М.: Наука, 1981. 575 с.
12. Гегель Г.В. Наука логики. Т. 3. М., 1972. С. 154.
13. Гурвич А.Г. Теория биологического поля. М., 1944. С. 156.
14. Епископ Александр Семенов-Тянь-Шанский. Православный катехизис.
15. Заварзин А.А., Харазова А.Д. Основы общей цитологии. Л.: ЛГУ, 1982.
16. Кламан И.К. Функционально-морфологическое исследование кровеносных сосудов при стрессе//Нарушение эндокринного и иммунного гомеостаза при важнейших заболеваниях. Л.: 1985. С. 24.
17. Киселева Р.Е. Ультроструктура кожи при электропунктуре//Журн. неврол. и психиатр. 1986, № 1.
18. Ледовская С.М., Прочуханов Р.А. Проблемы эндокринологии. Т. 22. Вып. 3. С. 103.
19. Любищев А.А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М.: Наука, 1982. С. 218–247.
20. Ленинджер А. Основы биохимии. М.: Мир, 1985.
21. Мусакова Г.В. Исследование возрастных особенностей микрососудов гипоталамуса человека//Нарушение эндокринного и иммунного гомеостаза при важнейших заболеваниях. Л., 1985. С. 71–76.
22. Прочуханов Р.А. Задачи и перспективы количественной гистохимии//Архив патологии. 1975. № 2. С. 77–84.

23. *Прочуханов Р.А.* Функциональная морфология нейроэндокринной системы. Л.: Наука, 1976. С. 198.
24. *Прочуханов Р.А.* Введение в количественную гистохимию ферментов. М.: Медицина, 1978.
25. *Прочуханов Р.А.* Структурно-метаболические основы функциональной перестройки аденогипофиза в норме и патологии. Автореф. докт. дис. 1977.
26. *Прочуханов Р.А.* Функционально-морфологическое изучение гомеостаза и его нарушений//Нарушение эндокринного и иммунного гомеостаза при важнейших заболеваниях. Л.: 1985. С. 6-11.
27. *Прочуханов Р.А., Лыцев А.А.* Гистохимические особенности эпидермиса кожи в точках акупунктуры (в печати).
28. *Пермяков Н.К.* Основы реанимационной патологии. М.: Медицина, 1979.
29. *Преснов Е.В., Исаева В.В.* Перестройки топологии при морфогенезе. М.: Наука, 1985. С. 192.
30. *Попуцьев В.В.* Количественное гистохимическое исследование гипофиза в токсикологическом эксперименте//Нарушение эндокринного и иммунного гомеостаза при важнейших заболеваниях. Л., 1985.
31. Реаниматология. М.: Медицина, 1976.
32. *Ростовцева Т.И.* Структурно-метаболические особенности коры надпочечников человека в различные возрастные периоды//Нарушение эндокринного и иммунного гомеостаза при важнейших заболеваниях. Л., 1985. С. 76-81.
33. *Равкин И.А.* Автоматизированный анализ изображения тканей//Там же. С. 120-128.
34. *Саркисов Д.С.* Очерки по структурным основам гомеостаза. М.: Медицина, 1977. 352 С.
35. *Свенсон К., Уэбстер.* Клетка. М.: Мир, 1980.
36. *Серов В.В., Лапиш К.* Морфологическая диагностика заболеваний печени. М.: Медицина, 1989. С. 67-98.
37. *Славин М.Б.* Методы системного анализа. М.: Медицина, 1989. С. 91.
38. *Скупченко В.В.* Мозг-движение-синергетика. Владивосток. Дальневост. ун-т, 1989. 220 с.
39. *Табеева Д.М.* Руководство по иглорефлексотерапии. М.: Медицина, 1982. С. 76-82.
40. *Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980. С. 404.
41. Хронобиология и хрономедицина (руководство). М.: Медицина, 1989, 400 с.
42. *Ченцов Ю.С.* Общая цитология. М.: МГУ, 1978.
43. *Шноль С.Э.* Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979.
44. *Штерн Л.С.* Гематоэнцефалический барьер. М.: Медицина, 1928.
45. *Штерн Л.С.* Физиология и патология гисто-гематических барьеров. М.: Медицина, 1968.
46. *Эшби У.Р.* Введение в кибернетику. М.: ИЛ, 1959. 432 с.
47. *Эбелинг В., Сандлер С.* О роли самовоспроизведения в эволюционных процессах//Методологические вопросы теоретической биологии и биофизики. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1986. С. 29-41.

**ЧАСТЬ II. НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ВСЕСОЮЗНОГО
ИНСТИТУТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ
14–15 мая 1935 года**

**ПРЕДИСЛОВИЕ К СТЕНОГРАММЕ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ВИЭМ 14–15 МАЯ 1935 г.**

Л.Г.Охнянская

Можно благодарить судьбу, сохранившую предлагаемую читателю в своем роде уникальную стенограмму научной конференции ВИЭМ 1935 г.* Эта конференция была посвящена одной из животрепещущих проблем того времени – проблеме живого белка. Не говоря об интересе обсуждения темы конференции, сам по себе текст стенограммы интересен своеобразием устной речи, эмоциональной заряженностью ее участников. Доклад Эрвина Симоновича Бауэра пленяет живостью, непосредственностью и в этом смысле выгодно отличается от его публикации на эту же тему ("Живой белок", 1934). Мы получаем также представление об особенностях его реакции в ходе обсуждения. Стенограмма знакомит с организацией, научным уровнем и потенциалом конференции и, если угодно, научной атмосферой ВИЭМ того времени. ВИЭМ – институт особый, вобравший в себя и объединивший лучших представителей биологической и медицинской мысли, любимое детище не только инициатора его создания А.М.Горького, но и его организаторов. Интеллектуальный триумvirат ВИЭМ: Б.И.Лаврентьев, И.П.Разенков и А.Д.Сперанский, воспитанники Казанской школы физиологов – немало содействовали комплексной разработке проблемы, характерной для этой школы. Об этом также свидетельствует достаточно широкий спектр участников дискуссии по проблемам живого белка.

И последнее. Данная конференция, как и многие другие в ВИЭМ, проходила под председательством зам. директора по науке – И.П.Разенкова. Иван Петрович был знаком и работал с Эрвином Симоновичем Бауэром со времени его приезда в Советский Союз в Институте по изучению профессиональных болезней им. В.А.Обу-

* В силу небрежения к истории нашей науки, раздробленной эвакуации ВИЭМ во время Отечественной войны, архивные материалы ВИЭМ разрознены и лишь частично перешли в Научный архив АМН СССР, где были систематизированы его заведующей И.Ю.Вишняковой, мы благодарны ей за предоставленную возможность ознакомления с этой стенограммой. Текст стенограммы публикуется с сокращениями.

ха. (Директор этого Института Людмила Сергеевна Боголепова рассказывала, что будучи в Германии, по поручению наркома здравоохранения Н.А.Семашко предложила Бауэру заведование лабораторией патологической физиологии вверенного ей института). Затем Разенков и Бауэр работали вместе в Государственном Институте им. К.А.Тимирязева. От Разенкова в лабораторию Бауэра перешли три его талантливых сотрудника – Гринберг, Брандгендлер и Мужеев. На мой взгляд, Бауэр оказал существенное влияние на творчество Разенкова. Об этом, в частности, свидетельствует то, что несмотря на весьма жестокую критику доклада Бауэра как основным оппонентом Рубинштейном, так и большинством участников состоявшегося обсуждения, Разенков подчеркнул перспективность и настоятельную необходимость разработки проблемы живого белка. И это не было данью уважения к большому ученому (Разенков вовсе не был склонен к такого рода акциям). В связи с тем, что Разенкова постоянно интересовала взаимосвязь процессов обмена веществ (прежде всего азотистого, белкового) и пищеварения, ему особенно импонировало положение Бауэра об “основном процессе”, положение, которое обычно не привлекает к себе особого внимания.

Вместе с тем Разенков обратил особое внимание на то, что Бауэр рассматривал и основной процесс в связи с изменением характера обменных процессов в организме, в частности, по-видимому, впервые в ситуации, когда этот процесс представлен, так сказать, в чистом виде – именно при голодании. (По представлениям Ивана Петровича этот процесс состоит в постоянно происходящем разрушении и созидании структурного пластического материала, источника эндогенного питания). Размышления и целенаправленные эксперименты привели в последующем Разенкова к раскрытию механизма эндогенного питания – новой стороны деятельности пищеварительной системы (1945–1948 гг.). Так, на примере одной из конференций, проводимых в ВИЭМ, можно убедиться, сколь большое значение придавалось глубокому и широкому обсуждению актуальных проблем как способу коллективного мышления. Участие в них прежде всего молодых ученых рассматривалось в качестве важного фактора их образования и воспитания.

СТЕНОГРАММА НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ВИЭМ (14–15 мая 1935 г.)

14 мая 1935 г.

Председатель – проф. *И.П.Разенков*

Председатель. Товарищи, разрешите открыть научную конференцию ВИЭМ. У нас на повестке следующие вопросы:

1. Доклад Э.С.Бауэра на тему: "Проблема живого белка".
2. Содоклад проф. Д.Л.Рубинштейна на тему: "К проблеме живого белка".

Регламент: 1 час для т. Бауэра и 1 час для т. Рубинштейна. Слово для доклада имеет Э.С.Бауэр.

*Э.С.Бауэр.** Товарищи, проблема, которая подлежит сегодня обсуждению, насколько я понимаю, следующая: какие структуры и какие состояния нам нужно предполагать в живой ткани, в живой клетке для того, чтобы можно было бы объяснить явления, которые мы наблюдаем на живом организме. Вот проблема, подлежащая обсуждению сегодня.

Я думаю, что можно исходить из того, к чему уже пришли физиологи и биологи. Это — особенность термодинамического порядка, которая формулируется, скажем, Хиллом таким образом, что живая ткань находится в бесконечно невероятном состоянии и может существовать в этом состоянии только тогда, когда имеется свободная энергия, поддерживающая это состояние. Во многих местах таким же образом высказывается и Варбург. То есть биологи-физиологи, занимающиеся главным образом термодинамическими явлениями, приходят к этому выводу. Поэтому я считаю, что этот общепризнанный факт можно положить в основу нашего рассуждения, что это состояние является очень невероятным или, переводя на другой язык, это есть состояние, которое мы называем неравновесием.

Возникает другой вопрос — чем обусловлено это состояние неравновесия. Здесь мы имеем две возможности дать объяснение: или это неравновесное состояние обусловлено многофазностью той структуры, где мы имеем разные химические потенциалы, которые в отдельных фазах отграничены друг от друга поверхностными границами или перепонками между этими отдельными фазами, или это неравновесное состояние обусловлено тем, что некоторые молекулы этой структуры находятся в этом неравновесном состоянии. Это есть основная проблема. В зависимости от того, какой ответ мы на этот основной вопрос дадим, можно говорить о живом веществе или живом белке — это уж дело слова, а не понятия, или не должны, или не обязательно должны говорить. Прежде чем мне перейти к тому, чтобы показать, что, по-видимому, мы не можем обойтись без предположения, что это невероятное состояние имеется, упомяну о молекулярной структуре.

Я хочу остановиться на следующем вопросе. Каковы же вообще те биологические явления, которые подлежат выяснению и которые нас понуждают к тому или иному объяснению? Ясно, что все теоретические предположения не могут ничего дать, если они не

* Стенограмма доклада Э.С.Бауэра несовершенна. Ряд мест не поддается расшифровке. Поскольку доклад соответствует 1-й части "Теоретической биологии", отсылаем читателя непосредственно к этой книге.

объясняют того, что подлежит объяснению, т.е. закономерностей биологического порядка. Ясно, что я не могу перечислять всех данных из биологической области, потому что сегодня вопрос стоит только о структуре. Но все-таки надо считаться с теми общими явлениями, которые, по-видимому, принадлежат к данному разряду. Я хочу привести только два примера. Первый пример из процесса обмена и второй пример из процесса раздражения и сокращения. Две основных категории биологических явлений, которые подлежат объяснению.

Что касается вопросов обмена, общего обмена биологического порядка, то мы в этой области имеем мало законов, но мы имеем картину, довольно ярко подтвержденную законом Рубнера, который гласит, что использование калорий в течение всей жизни на единицу веса организма есть постоянная величина. Этот закон высказан Рубнером в 1908 году. Причем у него получается еще более широко. У него получается, что количество этих калорий (на единицу веса) в течение всей жизни также одинаково у мышей, коров, собак и т.д. А у человека это количество больше, чем полагается по этому закону. Это было проверено Пиреем, Макаром, Фербелеем и оказалось абсолютно верным. Оказалось, что в зависимости от температуры возможно продолжительность жизни некоторых организмов поддерживать или укорачивать от 20 до 100 дней. Соответственно этой интенсивности обмена будет меняться и количество калорий, выделяемых в течение всей жизни на единицу веса, оно оказывается точно одинаковым. Я этот факт привел, потому что Рубнер высказывается таким образом относительно того, как же выяснить этот закон. Он говорит, что этот закон объяснить иначе, чем предположить, что при расщеплении питательных веществ происходит работа в живой субстанции, которая связана известным продвижением атомов и, по-видимому, количество этих передвижек ограничено, конечно, и жизнь прекращается, когда эти передвижки прекращены.

Вывод Рубнера надо считать обязательным. Этот закон, поскольку он имеет место, а место он имеет потому, что все исследователи его подтверждают, другого объяснения не допускает. Он допускает только то объяснение, что для проведения этого обмена требуется проведение работы самой живой субстанцией и действительно сама молекулярная структура при этом меняется. Я думаю, что это предположение неверно. Надо представить себе, что раз происходит работа за счет самой структуры живой молекулы, то тогда она должна быть работоспособной, т.е. должна находиться в таком состоянии, когда она самопроизвольно может переходить на более низкий энергетический уровень.

Вторая область — это вопрос о мышечном сокращении. Здесь дело обстоит так, что до тех пор, пока физиологи и биологи представляли себе, что механизм мышечного сокращения происходит таким образом, что за счет определенной химической энергии происходит подъем груза и сокращение, это предположение никогда

не соответствовало ни самим фактам, ни термодинамическим соображениям. Имеется единственная возможность считать, что источником этой работы является та энергия, которая дана в самой структуре. Этот вывод подтвердил предположение, что здесь речь идет о молекулярной структуре. Майер показал, что так называемые миофибриллы действительно укорачиваются, причем на рентгенограммах можно было видеть, что укорочение достигает 80 процентов. Хилл считает, что такой определенный вывод делать нельзя. Однако другие методы, которыми был изучен процесс сокращений, такой как метод измерения двойного лучепреломления и др. непосредственные методы, привели к тому же убеждению. Таким образом, и непосредственные методы изучения структуры, и термодинамические рассуждения, и биохимические данные привели физиологов и биологов, работающих в этой области, к тому, что без предположения особенностей самой молекулярной структуры объяснить явления, относящиеся к раздражению белка, невозможно.

Это только примеры и, может быть, не совсем удачные. Но если мы подходим к вопросу о выяснении закономерности и явлений в области биологии, то все соответствующие специалисты приходят к выводу, что обойтись без того, чтобы предполагать, что там имеется изменение самой молекулярной структуры, по-видимому, невозможно.

Спрашивается, если это так, то какие еще данные общего порядка, которые могут быть объяснены особым структурным состоянием живого вещества. Мы знаем довольно общий закон биологии, который состоит именно в том, что если убивают ткань, то убитая ткань всегда будет отрицательной по отношению к живой. Эта закономерность общая для всех животных и растительных тканей и объясняется не каким-либо особым состоянием молекул, а тем, что там имеется мембрана, более или менее пропускающая отдельные ионы — и катионы, и анионы, и если умирает ткань, то особенности этой мембраны исчезают и она будет отрицательной в отношении этой. Но здесь можно возразить по двум вещам: во-первых, в гладкой мышце этой избирательной проницаемости ионов не существует, а во-вторых, можно сказать, что такие же изменения мы можем вызвать, просто изменяя решетку какого-нибудь металла.

Таким образом, имеются общие явления, которые могут быть объяснены и с этой точки зрения и, по-видимому, с меньшим числом противоречивых наблюдений или фактов, чем там. Можно кроме этих фактов привести еще одно соображение чисто термодинамического порядка. Это соображение заключается в следующем. Если действительно всякая живая клетка характеризуется тем, что она работоспособна, причем довольно длительно находится в этом работоспособном состоянии, и если действительно источником этой работы является как раз та свободная энергия, которая имеется в этой системе за счет этого же состояния, то непосредственным источником для поддержания работы должно быть само состояние.

Спрашивается, какие же у нас имеются данные к тому, чтобы сказать, что действительно в живой ткани сама молекулярная структура уже не находится в равновесии. Первое, что надо сказать, — что в той же книге К.Майера и Марка они приходят к выводу на основании рентгенограммы, что на основании сегодняшних знаний надо сказать, что в живой ткани мы никогда не имеем кристаллической структуры решетчатого порядка, она приобретает кристаллическую решетчатую структуру всегда только при умирании. Этот факт говорит о том, что особенности этой живой структуры по крайней мере имеются в молекулярной структуре в среднем расстоянии, которое имеется между атомными ядрами внутри молекул. Можно было бы сказать так, что то же самое мы имеем в свежем каучуке. Мы знаем, что если он лежит, то приобретает клеточную решетчатую структуру. Но дело в том, что имеется и разница с живой тканью. Будучи выведена из равновесия она приходит в равновесие, а это состояние поддерживается длительно. Я бы сформулировал так: это длительное невероятное неравновесное состояние несмотря на его невероятность и неравновесность, является все же устойчивым. Можно так парадоксально выразить это основное положение, которое должно быть принято, как факт. Мы — физики и химики — привыкли к тому, что имеем дело с таким невероятным неравновесием, которое переходит в равновесие, но не с такой устойчивостью, а здесь мы имеем дело именно с таким парадоксальным фактом, что мы имеем дело с невероятным неравновесным состоянием, которое все-таки устойчиво, ну, можно сказать, квазистабильно. Оно держится долго у человека. Но когда жизнь прекращается, тогда, так же как в свежем каучуке, это состояние переходит в стабильную решетчатую структуру.

Какие же еще мы имеем данные, чтобы утверждать, что живая клетка в живом состоянии имеет молекулы в другом состоянии. Мы имеем следующие факты, найденные Плессингом, Жексоном в 1931 году относительно спектра поглощения, что клетка отличается от спектра поглощения на живой клетке. Когда клетка начинает умирать, то появляется полоса около 2.600 ангстрем, которой раньше не было, и она присуща только тому состоянию, когда клетка умирает. А так как здесь речь идет об ультрафиолетовой области, то несомненно, что разница относится к структуре самой молекулы. Из этого можно заключить, что при переходе из живого в неживое происходит излучение света какой-нибудь частоты. Этот факт имеет место, если верны данные по митогенетическому излучению, которые утверждают, что действительно живая ткань излучает приблизительно в области ультрафиолета тогда, когда вы имеете мышечное сокращение, тогда, когда вы имеете нервное возбуждение, или тогда, когда вы имеете некротические процессы. Можно считать, что при митогенетическом излучении освобождается как раз та энергия, которая получается при переходе в мертвое состояние. Почему надо предполагать, что эта энергия оттуда, а не откуда-

нибудь еще. Предполагается, что можно приписать эти лучи каким-нибудь гликолитическим процессам. Это просто абсурд, потому что тогда должна была быть реакция, которая дает приблизительно 112 килокалорий, если длина волны соответствует 2800 ангстремам. Такая реакция нам неизвестна, потому что при гликолизе максимальная реакция — это 70 килокалорий. Такое предположение имеется в литературе, например, у Лоренса в "Дженерал Физиолоджи". Это есть, по-видимому, общее мнение всех занимающихся энергетическими источниками этого излучения.

Этим можно объяснить эту невероятно малую интенсивность, несмотря на большую частоту этого излучения, которое везде имеет место. Вот те непосредственные данные, которые мы имеем.

Я бы хотел немножко остановиться насчет обмена. Может быть, покажется немножко смелым и легкомысленным то, что я скажу, но я привык всегда говорить и писать то, что я думаю, хотя и сам знаю, что, может быть, это немножко рискованно. Но напрашивается мысль, что если это так, тогда не требуется предполагать, что там мы имеем дело с массой всяких ферментов, где имеется миллион процессов. Я сейчас говорю не с точки зрения химика, а с точки зрения биолога. Однако напрашивается следующая мысль — может быть не требуется этого бесконечного количества этих ферментов? Основной секрет в живом — это то, что когда у вас есть какой-нибудь катализатор, который тоже стареет, и при его старении уменьшается степень деформированности решетки, то я глубоко убежден в том, что он стареет также быстро, независимо от того, будет он катализировать какую-нибудь реакцию или нет.

Другими словами, та реакция, которая катализируется тем же механизмом, как и здесь, никакого отношения к катализатору не имеет. В живом вы имеете другое дело. В живом вы имеете эту молекулу как катализатор, причем он тоже — деформированная решетка, но та реакция, которую он катализирует, имеет отношение к этому катализатору. Может быть, слишком наивно будет сказать, что доказательством этого для меня служит тот факт, что если у меня есть зимаза, то она теряет свои свойства, но если я ее заставлю работать, то она позже потеряет их. Физикохимики скажут мне, что это не так. Я прочел в литературе, что в зимазе есть протеолитический фермент, который расщепляет ее. Когда же идет брожение, то получается так, что вокруг этой частицы имеется частица CO_2 , которая не дает этому хищнику подойти к ней. Но это я считаю более фантастичным объяснением, чем мое объяснение. Я не хочу сказать, что я не согласен с тем представлением, что при длительном стоянии этой зимазы идет все время распад.

Относительно ферментов надо представить, что там имеется активная группа, которая находится на каком-то носителе, но все-таки он обязательно должен быть связан, и по данным, которые имеются, он хотя и может быть лабилен, но это есть химическая связь, т.е. часть той молекулы, о которой я говорю. На этот случай не каждый носитель подходит и, насколько я знаю, не удавалось

адсорбировать его на какой-нибудь другой носитель. Однако, возможно, удастся найти какой-нибудь другой носитель, на который можно адсорбировать так, что он будет активен, я допускаю это. Мы предполагаем с помощью проф. Филиппова провести соответствующие опыты. Из этих представлений в области ферментов и обмена, имея в виду то, что я сказал сначала по поводу исследований Рубнера в области раздражения и других видов явлений, и как показывают наши рентгенграммы и наблюдения в области физики и химии — эти представления дают возможность объяснить те факты, которые вы имеете. В области термодинамики и мышечных сокращений нами сделана масса предсказаний, которые подтвердились. Если мы возьмем другие критерии этой теории в отношении ее плодотворности, то она окажется несомненно более плодотворней, чем другие. Но она не является по существу чем-то новым. Если вы немножко следили за моим изложением, то по существу я ничего нового не сказал, а лишь использовал то, что уже известно и принято, над чем уже давно, если считать большим такой срок, как пять лет, западные биологи работают. Лев де Нуи, Варбург и др. изучают спектры и сейчас. Так что, я думаю, мы уже отстали. Может быть, все это было бы новым, если бы мы заговорили об этом несколько лет тому назад (6-7 лет тому назад), но теперь мы уже опоздали. Я как биолог заинтересован в том, чтобы в области биологии мы держались на определенном уровне. Мы должны сейчас не дискутировать, а что-то делать. Мы скажем, что год тому назад мы этот вопрос дискутировали, а нам ответят: "а мы сделали". Я буду очень рад выслушать возражения, потому что сплошь и рядом бывает так, что возражения по существу являются подтверждением. Здесь идет речь о том, что у этого вопроса есть перспективы.

Я хочу сказать, если мы понимаем, что явления биологического порядка можно объяснить только прибегая к предположению, что особенности состояния уже имеются в молекулярной структуре, то тогда спрашивается, почему же только живой белок, а не живая вода или что-нибудь другое. Я думаю, что этот вопрос нужно выяснить. Я думаю, что здесь строго рассуждать трудно. Нужно выяснить, требуются ли многие сорта молекул в таком состоянии или достаточно, если я приписываю это состояние одному сорту (в химическом смысле) молекул. Я считаю, что ничто не противоречит нашему утверждению и что достаточно иметь один сорт молекул. Если это так, то спрашивается, почему именно белок, а не вода. Но те данные, которые я привел, говорят, что спектры поглощения принадлежат к белковой структуре. Значит, о воде, по-видимому, говорить нельзя, а надо говорить о белке. Но если вы меня спросите, что вы понимаете под белком, то я отвечу, что я не химик; я взял учебник биохимии и посмотрел, какие же это соединения белка. Тут на основании измерений говорят о молекулярном весе 250, 300, 100 000, 300 000, 6 000. Так вот, товарищи, если меня, бедного биолога, спрашивают о том, что я понимаю

под белком, тогда как химики спорят, каков молекулярный вес — 250 или 300 000, то я отказываюсь отвечать, отказываюсь сказать, о какой молекуле идет речь. Но все-таки некоторое мнение у меня по этому поводу имеется. Я полагаю, что верны те данные, которые получаются по рентгенограмме. — низкие цифры, а более высокие цифры зависят от способности этой молекулы полимеризоваться. Белок это или нет — об этом можно спорить. В этом споре я не хочу принимать участия. Значит, речь может идти о том, будет ли это часть того, что мы до сих пор называли белком, живым или мертвым белком, зеленым или красным, речь ведь идет о том, что имеется определенная группа, которой вы должны приписывать определенное состояние, особого порядка и без которого живая клетка не бывает. Без того, чтобы не предполагать это особенное состояние, по крайней мере очень трудно объяснить те явления, которым биолог хочет найти объяснение, исходя из структурных представлений.

Председатель. Слово для содоклада имеет проф. Рубинштейн.

Д.Л.Рубинштейн. Мы только что заслушали очень интересный доклад проф. Эрвина Симоновича Бауэра. Должен предупредить во избежание разочарования, что мой доклад будет несравненно менее увлекательным, и вот почему: при развитии новых теоретических представлений всегда неизбежно имеется два элемента — новые идеи и их критика; творческая фантазия и ее экспериментальная проверка; дихтунг и вархайт. На мою долю сегодня выпадает вторая, более скромная и более скучная — анализ тех экспериментальных основ, на которых покоится только что заслушанная теория. Моей задачей будет рассмотреть не те выводы и не те дальнейшие перспективы, которые были сейчас намечены, а просто проанализировать тот материал, на котором основывается главным образом теория, только что развитая перед вами.

Однако, прежде чем перейти к анализу экспериментальных доказательств, нужно несколько слов сказать о теоретической концепции, чтобы несколько информировать вас о том, как я понимаю основные положения только что изложенной теории и, следовательно, в чем должна быть ее экспериментальная проверка.

Исходное положение, которое вы только что слышали, это положение, которое можно назвать принципом неравновесных состояний или принципом, в соответствии с которым обычное состояние протоплазмы или белка — это неравновесное состояние. Вполне прав Э.С., что это положение не новое. Это — взгляд, который получает все большее количество подтверждений. Если обратиться к Опенгеймеру, то у него можно найти формулировки, довольно близко соответствующие той основе, на которой строится доклад Э.С. Вот дословные его слова: "Только удаляя систему от равновесия (читает)..." Или другое положение: "Создание новых неравновесных состояний... (читает)..."

Вот, таким образом, предпосылки к тому, что химические процессы во многих случаях, если не всегда, не непосредственно являются источником работы, и что в химических процессах, действующих в стадии покоя, — главная затрата энергии на создание какого-то неравновесного состояния живой протоплазмы, которая может быстро раздражаться и производить работу.

Следующее положение, то, что это неравновесное состояние относится не к живой системе, не к протоплазме, а к каждой живой молекуле. То есть, если мы имеем живую протоплазму в неравновесном состоянии, то это значит, что каждая живая молекула находится в состоянии неравновесия. Другими словами, состояние неравновесное — это состояние не всей протоплазмы в целом, а состояние каждой живой молекулы белка.

Более того. Здесь опять могут быть дальнейшие уточнения. Некоторые авторы полагают, что белковая живая молекула представляет другое химическое вещество, чем молекула мертвая. В качестве наиболее яркого представителя такого течения я назову Лепешкина, который представляет себе, что живая молекула является протеидовым комплексом, сочетанием белка и липидов, который находится в неустойчивом состоянии, легко взрывается и освобождает энергию. Нам нужно прийти к представлению о том, в каком же виде находится эта энергия. Эта энергия, по теории, которую мы только что заслушали, структурна в смысле определенной деформации кристаллической решетки. И такое состояние деформации кристаллической решетки и есть состояние, характерное для живой протоплазмы. Я пользуюсь печатным изложением этих взглядов. При утомлении эта решетка исчезает и молекула приходит в состояние большей кристаллизации. Вот конкретное представление. Речь идет не просто о повышении энергии молекулы, а о деформации кристаллической решетки. С этим связывается представление о том, какого характера эта деформация. Представляется, что это не просто деформация, а деформация в сторону удлинения молекулы или мицеллы — вытягивание цепочки атомов, которые приобретают повышенный уровень энергии и приобретают более растянутую форму молекулы. Живой субстанции соответствует структурное неравновесие и сохраняется энергия обмена веществ, а при утомлении она изменяется в смысле сокращения. Мы получили точную формулировку энергии, повышенной только у отдельных молекул, энергии не химического, а физического характера, характерную деформацию кристаллической решетки в смысле удлинения цепочки, которая при утомлении переходит в состояние более укороченное и кристаллическое. Это представление тоже мотивируется предварительно некоторыми данными. Само представление о растянутой молекуле, очевидно, тесно связано с представлением Курта Майера относительно механизма сокращения мышц, где дается известная схема и где сходная область мицеллы или молекулы удлиняется, а затем сокращается, давая работу при сокращении мышц.

Я хотел бы остановиться на некоторых более конкретных представлениях. Вот когда мы имеем сокращающуюся мышцу, по представлению Майера, то нужно сказать, что мышцы в стадии сокращения еще совершенно не сокращены. Майер и Рибмарк указывают, что сокращенное мышечное волокно еще не имеет совершенной кристаллической решетки. И наоборот, при сокращении хотя и происходит некоторое сближение между атомами, но не только еще не получается кристаллической решетки, а скорее нарушается та правильность расположения, которая была у растянутой молекулы. Я процитирую это место. В представлении о мышце сказано таким образом: "Механические и рентгенографические исследования показали, что... (читает)... и развивается только в комплексе". Когда мы имеем дело с мышцей, то там в расслабленной мышце мы видим некоторую структуру. И совершенно правильно, однако, говорит докладчик, что там кристаллической структуры нет. Я совершенно с ним согласен, но я считаю, что факты, которые говорят в эту пользу, используются недостаточно осторожно. Здесь приводятся очень интересные наблюдения о том, что при отмирании наблюдается вспышка двойного лучепреломления. В расслабленной мышце такое двойное лучепреломление не является признаком кристалличности; здесь тоже нужно доказать кристалличность, а между тем простая вспышка двойного преломления приводится в качестве доказательства появления упорядочения структуры, причем это заканчивается так: "не имеет решетчатой структуры и она появляется только после умирания". Я считал бы это доказательство недостаточным.

Перехожу теперь от этих кратких формулировок общей концепции к анализу того, как же эта концепция доказывается. Во-первых, основной вопрос, которому посвящено большое внимание в ряде доказательств, — это положение о том, что живая система и живой белок имеют более высокий энергетический уровень, чем тот же белок в мертвом состоянии. Это один из основных вопросов, которому посвящено много внимания.

Другой вопрос — это то, что при отмирании происходит уменьшение деформации кристаллической решетки и сокращение длины диполей. Сошлюсь на работы Тарусова, где мы получаем несколько иное соотношение.

Последнее, что требует доказательств — это связь между тем и другим родом фактов, т.е. доказательство того, что не только имеется повышенный энергетический уровень живой белковой молекулы, уменьшающийся при утомлении, но и что повышенный этот энергетический уровень сопряжен с несколько деформированной структурой и что эта энергия деформации освобождается при переходе живого в мертвое.

Из всех этих данных я останавлиюсь прежде всего на первом ряде фактов — на разборе того, действительно ли можно считать доказанным, что живая белковая молекула имеет более высокий энергетический уровень, что здесь имеется повышенный запас энер-

гии живой молекулы по сравнению с мертвой. Бесплодно было бы спорить относительно того, в каком виде находится эта энергия – в виде ли химической энергии или в виде энергии деформированной решетки. Раньше нужно доказать, что она имеется, а потом уже обсуждать, в каком виде... Поэтому нужно заняться доказательствами, которые приводятся в пользу повышенного энергетического уровня живой протоплазмы и живого белка.

Первое доказательство их измерений разности потенциалов, а именно – повышенный электрический уровень живой молекулы или мицеллы по сравнению с мертвой. Как же это доказывается? Буду цитировать по подлиннику во избежание искажения мысли автора. Посмотрим, каким образом развивается представление о связи между повышенной энергией белковой молекулы и электрическими явлениями и как эти электрические явления могут быть использованы для доказательства повышенной энергетического уровня по мнению Бауэра.

Таким образом, мы видим, что изложенная здесь нами теория живой материи непосредственно объясняет закономерности биоэлектрических явлений. Я нарочно останавливаюсь на этом, чтобы установить тот факт, что это не случайная формулировка, а одно из основных доказательств, которое сводится к тому, что положительный потенциал является признаком избыточной энергии, а отрицательный – недостаточной энергии. Дискутировать такое положение не приходится, ибо достаточно твердо установлено, что так подходить к этому нельзя. Здесь вообще нельзя говорить о положительном или отрицательном заряде того или другого участка одного относительно другого. И, конечно, нельзя, говорить, что минус – это недостаток, а плюс – это избыток энергии.

Перейду теперь непосредственно к экспериментальным доказательствам, которые должны эту общую теорию демаркационных токов подвести под фундамент доказательств теории живого белка. Здесь это делается таким образом: берутся две мышцы. Мысль основная такова, что теория демаркационных токов связывается с разностью ионной концентрации и с разностью потенциалов. Чтобы доказать это, проводятся такие опыты: исследуются случаи, где предлагается разность белковой энергии живого и мертвого белка. Или берется мышечная каша, растертая так, чтобы уничтожить нужные моменты. Берется и исследуется разность потенциалов из такой кашицы из мышц и контрольной мышцы и предполагается, что живая мышца сохранила молекулы белка, и при растирании в течение некоторого срока сохраняются живые молекулы, которые живут вне клетки. Ставится опыт с разностью потенциалов между таким объектом и контрольной мышцей. Берутся две пробирки: в одну помещается живая растертая каша, а в другую каша от заранее убитой мышцы и соединяются они агаровым мостиком, пропитанным соответствующим раствором. Они соединяются гальванометром и измеряется разность потенциалов, из чего делаются соответствующие выводы. Я опять-таки обращаюсь к подлиннику.

На 86-й с. сказано таким образом: "Таким образом, здесь мы не имеем накопления... (читает)...субстанции". Я отодвигаю в сторону вопрос о том, насколько она может считаться живой после такой обработки. Но останавлиюсь на самом толковании фактов. Здесь предполагается, что оснований для различий значений ионных концентраций нет. Однако незыблемым здесь является то, что разница потенциалов может только означать различие ионных концентраций. Это основное положение для электрохимии. Тут разность потенциалов получилась потому, что одна мышца обработана одним образом, другая — другим. Естественно думать, что отсюда и получится разность потенциалов. Тут разные растворы и получаются разные потенциалы. Я повторяю, спорным является вопрос, чем вызывается нормальная разность ионной концентрации. В одном нельзя сомневаться, что это способ измерения только ионной концентрации. Я был бы очень благодарен докладчику, если бы он объяснил мне, каким образом молекулярная структура может обусловить разность потенциалов, не изменяя ионную концентрацию.

Я вкратце останавлиюсь на одном пункте. Развивая теорию, о которой только что говорилось, проф. Бауэр указывает на то, что недостаток основных теорий заключается в том, что трудно себе представить, почему же неповрежденное место положительно, а поврежденное — отрицательно. И это понятно только с точки зрения излагаемой теории, только благодаря последней ясно, что иначе и быть не может. Дело в том, что нормальное место имеет более высокий энергетический уровень, чем поврежденное. Так что это положение должно упасть вместе с теорией. Разве нормальное место должно быть обязательно положительным, а поврежденное — отрицательным. Позвольте привести справку по этому поводу. Действительно ли во многих случаях имеет место такое положение, что нормальное место является положительным, а поврежденное — отрицательным.

Вот на этом позвольте покончить с электрическими доказательствами и перейти к доказательствам другим, которые можно назвать оптическими; к доказательствам о том, что витализированная молекула имеет более высокий энергетический уровень, причем эта величина даже подсчитывается. Это опыты Влесса и Джекса, о которых здесь говорилось. Меня интересует только чисто энергетическая сторона дела. Расчет делался таким образом: в мертвой клетке появляется известная полоса поглощения в среднем 3,5 тыс. ангстрем. По формуле Планка подсчитывается разность энергетических уровней, которая бы соответствовала такой частоте. Дается длина волны и разность энергетических уровней живого и мертвого состояния вычисляется по этой формуле (пишет). Вычисляется повышенная энергия живого белка. Это есть доказательство того, что живой белок имеет высший энергетический уровень, который можно измерить и подсчитать. Эти данные очень серьезны и на них стоит остановиться. Я останавлиюсь только на части их, на тех,

что считаю главной ошибкой вывода. Прежде всего, если делать выводы из разностных спектров и даже спектра излучения, а не поглощения, что было бы более обоснованно, тогда, конечно, лучше брать начальный и конечный спектры. Если измерять разницу, то надо измерять энергию начального состояния. А то получается, что объект ничего сначала не поглощал, а потом вдруг начал поглощать какую-то линию, а в действительности он поглощал очень многое. Здесь дается спектр поглощения живой ткани. Спектр был вначале весьма близким. Если говорить о подсчете энергии, то нужно говорить о смещении линии и о разнице энергии, которая характеризует одну линию и другую. Но помимо того, даже если бы таким образом расчет уточнить по разности, то и тогда такой расчет был бы невозможен, потому что он возможен только в некоторых случаях, очень специальных, в случаях возбуждения некоторых специальных процессов, а не химических превращений. Вообще, мы не можем таким путем подсчитывать разность энергии. Здесь вещь гораздо более сложная. Я предложил бы Э.С. решить другую задачу: взять какой-либо процесс, связанный химическим превращением, и вычислить спектр превращения. Эта вещь возможная, такую задачу можно решить. Я имел беседу с проф. Ландсбергом и он целиком подтвердил это соображение. Пензель вычислял разность начального и конечного спектров. Нужно сказать, что такой подсчет возможен и даже тогда, когда имеешь дело с разностью, а не с абсолютной величиной. Вот, следовательно, теоретические подсчеты. И мне кажется, что здесь необходимо сказать о конкретном измерении разницы между живым и мертвым для оценки того, сколько же мы вправе ожидать освобождения энергии при отмирании. Автор идет дальше и от теоретических рассуждений переходит к экспериментальным данным, показывающим, что действительно такая энергия освобождается. Скажу несколько слов о попытках Лепешкина и Мейергофа исследовать реакцию отмирания. Докладчик эти попытки сам отвергает. Излагая опыты Лепешкина и Мейергофа, он говорит следующее: "Но эти опыты не пригодны ни для решения вопроса..., ни для решения нашего вопроса".

Каким же образом связывается это с экспериментальными данными и доказываем, что энергия действительно освобождается. Указывается одно исследование, которое дает ответ на этот вопрос. Излагаются исследования Хилла, в которых исследовались анаэробные процессы в мышце, и теплота, которая при этих процессах образуется. Хилл очень точным методом исследовал процессы образования теплоты в анаэробном состоянии мышцы и сравнивал их с химическими процессами, протекающими в мышце. При этом получилось несоответствие. Оказалось, что теплота образуется в большем количестве, чем можно было бы ожидать при химических процессах.

Вот здесь мы как будто имеем уже не теоретические выводы, более или менее спорные и шаткие, а экспериментальные доказа-

тельства того, что такая структура энергии имеется и в таком большом количестве, что не знаешь куда ее девать. Причем опыты Хилла очень подробно упоминаются. Его опыты являются базой для утверждения, что такая структурная энергия имеется, что она освобождается и т.д. Хилл это понимал иначе, но фактически он сам усмотрел структурную энергию, о которой здесь и говорится. Интересно, что сам Хилл продолжал искать химические источники энергии, которые помогли бы выяснить это непонятное тепло, которое образуется в мышце и которое он не мог объяснить. Снова и снова комментируя эти выводы, проф. Бауэр противопоставляет Хиллу; что мы имеем такое естественное объяснение, как структурная энергия живой молекулы, и бросает упрек по адресу Хилла: "Это ведь пример, показывающий, какие ложные выводы можно сделать, если применять термодинамику мышечной системы, не принимая во внимание их живого состояния". Надо сказать, что Хилл в качестве путеводной нити имел в виду термодинамику, а не теорию живого белка. По-видимому, докладчику осталось неизвестным очень интересное и большое исследование 1930 г., где Хилл установил, что все источники были другие, чем он предполагал. У него произошла интересная методическая ошибка, которая дала повод к новому исследованию. Я думаю, что проф. Кан остановится на этом. Он обратил недавно мое внимание и это привело вот к какому пониманию. Мышца омывается рингеровским раствором, который остается на дне. После этого в анаэробных условиях происходит разражение мышцы. В мышце накапливаются продукты распада в небольшом избытке, этого достаточно, чтобы на несколько процентов повысить осмотическое давление. Тут в мышце начинают концентрироваться пары. Но при той методике, которую дал Хилл, он эту энергию поймал. Это энергия концентрации пара на мышце, а не структурная энергия, которую излагает докладчик. Хилл не только пришел к такому выводу, но он тут же свою неудачу сумел использовать. В следующем сообщении имеется исследование, где он разработал исключительно интересный метод тонкой асмометрии и где он улавливает осмотическое давление одной капли жидкости — получилась та ошибка, которую он допустил в своих прежних работах.

Таким образом, и теоретические основы, и экспериментальные данные рассыпаются в прах при одном прикосновении. Здесь спорить бесполезно, потому что сам Хилл их разрушил.

Теперь относительно общих выводов и той позиции, которая у меня лично имеется к изложенным теориям. Я свою позицию могу сформулировать так: первое и основное положение, положение о неравновесном состоянии живой протоплазмы мне кажется весьма вероятным. Оно не является окончательно доказанным, но тут имеется большая заслуга и плодотворность пропаганды проф. Бауэром этих новых мыслей.

Но если я могу приветствовать это первое положение, то я не могу приветствовать тех конкретных выражений, которыми это

положение сопровождается. Удлинение мицеллы является весьма спорным. Если для процессов мышечного сокращения мы можем использовать такую схему в виде рабочей гипотезы, то как ее использовать для толкования электрической энергии и целого ряда других моментов. Такое представление, что вот это — живой белок, а это — мертвый белок, мне кажется неверным. Палочка — это живой белок, а кружок — это мертвый белок — это не так. Я не думаю, чтобы природа дала такую упрощенную схему.

Из дальнейших выводов уже совсем спорным мне кажется представление о том, что если эта живая молекула находится в таком неравновесном состоянии, что при раздражении она отдает свою энергию в виде работы, то в этом есть смысл. Весьма сомнительна возможность извлечения такой молекулы, которая может оставаться в пробирке заряженной энергией. И еще более сомнительно, что такая живая молекула... и т.д.

Но как ни относиться к положениям этой теории, считая одни из них спорными и мало мотивированными, другие спорными и требующими доказательств, необходимо сказать, что и после представления экспериментальных доказательств они остаются так же мало доказанными, как и до их представления.

Председатель. Нам нужно выслушать замечания ряда товарищей, которые записались у меня по этому докладу. Объявляю 10-минутный перерыв, после которого мы приступим к прениям.

Л.С.Штерн. Я здесь прослушала два доклада по одному и тому же вопросу — доклад биолога и доклад физикохимика. И один и другой доклад представляют очень большой интерес. Я это говорю не в виде комплимента. Взят вопрос о живом веществе, причем с таким уклоном, чтобы живое вещество свести к чему-то более простому, чем обычно привыкли считать до сих пор. В этом отношении линия, взятая проф. Бауэром, является совершенно нормальной. Если мы возьмем историю, то увидим, что представление о живом все более упрощается. Уже дошли до живой клетки, до живой протоплазмы, говорим о живом веществе и теперь подходим к живому белку. Возникает вопрос, где кончается живое и начинается не живое и нужно ли останавливаться на живом белке. Но почему тогда нам останавливаться на живом белке, а нет ли живого углевода, живой воды, живого водорода и т.д.

Проф. Бауэру можно сделать упрек в том, что в начале своего доклада он не предупредил, что называет живым, и отсутствие этого определения является может быть причиной целого ряда недоразумений. Если бы проф. Бауэр просто сказал нам, что какое-нибудь вещество, в том числе и белок могут представляться в двойном виде, в виде инертности и активной реактивности, тогда вопрос стоял бы гораздо проще.

Из доклада проф. Бауэра я вынесла впечатление, что он хочет все свести к тому, что в одном виде мы не имеем способности к

реакции, вырабатывающей определенную энергию, а в другом виде, когда вещество из состояния живого переходит в состояние мертвое, оно лишается этого потенциала, уменьшается эта энергия, которая нужна для этих реакций.

Тут высказано положение, с которым, вероятно, все согласны. Я несколько раз слышала доклад проф. Бауэра по этому вопросу, и он всегда говорит, что живое вещество, живой белок отличается именно тем, что он отклоняется от состояния равновесия. С этим положением вряд ли какой биолог будет не согласен. Это основа того, что живое вещество, живая клетка находятся в состоянии неравновесия, а это равновесие является концом жизни. С этим положением никто не может не согласиться. Недоразумение начинается дальше. Во-первых, почему из всех веществ, которые имеются в протоплазме, выбран белок. Для меня это неясно. Оттого ли, что белок является более сложным веществом по своей структуре или по другим свойствам. С таким же успехом можно было бы брать любое другое вещество. Мы знаем, что глюкоза находится в разных видах в крови. Все вещества сначала реагируют, как живые, а потом превращаются в нечто неживое. Для меня также совершенно неясно то, что говорит проф. Бауэр относительно отличительной характеристики живого белка, а именно, что он не требует энергии извне и в себе заключает ту энергию, которая является источником тех явлений, которые мы характеризуем как жизнь. У меня получилось представление о каком-то перпетуум мобиле. Если то, что вы говорите, другое представление, то это выходит за те рамки, которые мы обыкновенно имеем.

Проф. Рубинштейн дал критику тех положений, на которых основывается проф. Бауэр, чтобы выдвинуть такое ответственное положение, как положение о живом белке. Я на этом останавливаться не буду. Но мне кажется, что если у проф. Бауэра нет больше других показателей и оснований, на которых он мог бы базировать свои утверждения, то его положения совершенно необоснованы. Все те доказательства фактического характера, которые были приведены проф. Бауэром, мне кажутся совершенно недостаточными. Я уверена в том, что вы не показали всего того, что у вас имеется и, может быть, вы впоследствии это сделаете.

Поставить вопрос так, как поставили вы — это альфа и омега всего. Проблема настолько интересна и важна, что можно только пожелать, чтобы она дала положительные результаты. Но я должна сказать, что я не вижу, куда вы зайдете в вашей работе. Очень интересно изучать белок и другие вещества — все это очень интересные вещи, но связать с жизнью то, что вы наблюдаете, я не могу. Все те реакции, о которых вы говорили, не характерны ни для чего живого, они получаются при обыкновенных химических реакциях. И мне кажется, что как ни интересен поставленный вами вопрос, но для решения его я ничего не могу найти в тех данных, которые вы здесь представили. Я считаю, что поскольку мы придаем большое значение каждому сказанному нами слову,

то за таким словом, как белок, должны последовать принципиальные доказательства, и нельзя употреблять таких громких слов, когда за этим ничего не следует. Вы ссылаетесь на работу Курта Мейера, но ведь он говорит о живом белке.

Так что, мне кажется, со всех точек зрения ясно, что за этим названием должны следовать точные доказательства и такого заголовка ни в книге, ни на работе ставить нельзя. Я не хочу позолотить пилюлю тем, что еще раз повторю, что работа, которую предпринял проф. Бауэр, чрезвычайно интересна и что его нужно в этом отношении всячески стимулировать. Но поскольку эта работа чрезвычайно важная, постольку нужно оберегать проф. Бауэра от самого себя (смех).

Насонов Д.Н. В литературе имеются наблюдения над изменениями в процессе перехода из живого состояния в мертвое. Эти наблюдения сводятся к двум категориям. Мы либо наблюдаем значительное повышение проницаемости, либо речь идет о специфике живого белка по отношению к мертвому. Такими наблюдениями занимались и у нас в лаборатории в течение последних лет. Производя непосредственные наблюдения над протоплазмой в процессе утомления, мы тщательно исследовали процесс адсорбции красок и изменения, которые здесь происходят. Живая протоплазма почти не окрашивается, ее адсорбционные свойства очень близки к нулю. Мертвые протоплазма и ядро окрашиваются основными красками. Умиравшая протоплазма начинает заранее адсорбировать краски, причем если процесс зашел не очень далеко, то при помещении клетки в нормальные условия наблюдается выбрасывание адсорбционного вещества в окружающую среду. Мы вынуждены сказать, что не только поверхностные слои протоплазмы нарушаются, но при переходе из живого состояния в мертвое вся ее толща постепенно изменяется от живого потенциала, в котором первоначально находилась, до мертвого состояния. Значит, мы имеем два принципиально различных вывода. И вот нами были поставлены опыты для проверки этих двух возможностей. Более подробно об этом вопросе я буду говорить на следующей конференции при обсуждении вопроса о проницаемости. Поэтому проблема, которая выдвинута сегодня проф. Бауэром, чрезвычайно тесно связана с проблемой проницаемости. По моему глубокому убеждению, этот мембранный механизм объяснения проницаемости в течение долгих лет служил препятствием для постановки вопроса так, как он был поставлен сегодня Э.С.

Опыт наш был таков: две мышцы помещались в условия, при которых они сильно окрашивались, например, в условия гипотонии. В результате вы получаете и ту и другую мышцы сильно окрашенные. Затем вы берете одну мышцу и помещаете ее в дистиллированную воду без краски, а другую в рингеровский раствор. При этом вы ставите вопрос, у какой из этих двух мышц больше шансов на более быструю потерю краски. По-видимому, у той мышцы, которая продолжает находиться в плохих условиях. С

точки зрения адсорбции, как раз наоборот. Те условия, которые созданы сильной адсорбцией, продолжают существовать, и клетке нет оснований раскраситься. Если же вы ее перенесли в рингеровский раствор, то клетка восстанавливает свои первоначальные слабые свойства, и краска должна выбраться наружу. В сублетальных условиях клетка должна сохранять адсорбированную краску, в условиях же физиологических эта краска быстро выбрасывается наружу. Значит, здесь идет речь об усиливающих адсорбцию свойствах краски, а не о пропускной способности мембраны. Если это так, то при переходе в мертвое состояние непрерывно меняется способность живой субстанции адсорбировать. Адсорбция – это процесс, не индифферентный в энергетическом отношении. Существуют наблюдения над теплотой адсорбции основных анилиновых красок, к сожалению, не на белке, а на угле. Стало быть, есть такая возможность, которую можно теоретически реализовать. Вычислить, какое количество калорий связано с этой добавочной адсорбцией в таком-то количестве краски.

Сделав такие выводы, мы чрезвычайно близко подошли к тому, к чему на основании совершенно других данных подошел Э.С.Бауэр. Причем это было сделано совершенно самостоятельно. Эти эксперименты заставляют нас прийти к выводу о том, что при изменении живой субстанции она отличается от мертвой, т.е. в ее веществе что-то меняется энергетически при переходе ее из живого состояния в мертвое и обратно – в полубомрачное. Тут теряется некоторое количество энергии. В этом отношении наши данные полностью совпадают с тем, что говорил Э.С. Что именно происходит с живой субстанцией, об этом наши данные ничего не говорят, и тут ничего конкретного мы себе представить не можем. Предположения можно делать самые разнообразные: можно думать так, как Э.С., можно думать, что неравновесность живого вещества в данном случае является какой-либо легко обратимой химической реакцией. Можно стоять на точке зрения Лепешкина, который говорит о разрушении липоидов в протеиновом комплексе. Наши наблюдения полностью увязываются с теорией Э.С. Мне хотелось бы лишний раз приветствовать ту заостренность вопроса, какую дал Э.С., потому что он поставил вопрос о целом ряде установившихся научных традиций, в том числе и по вопросу о теории проницаемости. Эти традиции иногда мешают решать новые вопросы и даже с полной ясностью их ставить.

Н.Д.Зелинский. Я с чисто химической точки зрения не представляю себе возможности думать, мечтать и говорить о том, что существует живой белок, потому что белок – это есть определенное химическое тело, которое, по всей вероятности (в тех условиях, в которых белок находится в живом организме) не обладает той большой молекулярной массой, чем тот белок, который выводится из клеток организма.

Позвольте обратить ваше внимание на одно химическое тело,

которое искусственно приготовлено. Это – высокомолекулярный углеводород, который был синтезирован во Франции в "Колледж де Франс" академиком Муллэ. Эта работа была продолжена Дюфресом. Так вот, ими было создано вещество рубрен, которое обладало способностью при обыкновенной температуре поглощать кислород воздуха. Но стоило его подогреть, как кислород начинал выделяться обратно. Значит, было создано определенное тело, которое обладало способностью как бы дыхания. Но ведь не назовем же мы это вещество живым.

Э.С.Бауэр. И этот процесс я не назову дыханием.

Н.Д.Зелинский. Но этот процесс похож на дыхание.

Э.С.Бауэр. Но никто этого не думает.

Н.Д.Зелинский. Ну хорошо, я это думаю. Так что мне кажется, что толковать о живом белке как таковом, с химической точки зрения, нет никаких оснований. Потому что белок, входя в состав живой клетки, где есть целый ряд других веществ: и вода, и ферменты, и соли – дает нам то те, то другие продукты, которые мы можем назвать живым веществом. Но живого белка нет. Можно говорить о живом веществе, но не о живом белке.

С.Я.Капланский. В противоположность проф. Штерн и акад. Зелинскому я не боюсь названия – живой белок. Само по себе это название ничего страшного в себе не заключает, если точно условиться относительно того, что мы называем белком.

Голоса с места. И что мы называем живым белком.

С.Я.Капланский. Два года тому назад на белковой конференции точно так же разгорелся спор по вопросу о так называемом живом белке. Меня не смущает это название, потому что бесспорно: то, что мы в химии называем живым белком, не идентично с тем, что мы имеем в живом организме. Мы знаем сейчас более или менее точно, что различить белок как таковой в организме вообще крайне трудно и что правильнее было бы говорить не о белке в организме, а о белковой системе. Потому что белок совершенно невозможно отделить от воды и от целого ряда комплексных соединений, в состав которых он входит. Правильнее было бы говорить не о белке, как о химическом теле, а о белковой системе. И в этом смысле употребляя термин белковая система (указывая, что в ней белок имеет преобладающее значение), можно говорить и о живой белковой системе как таковой. В этом смысле понимал понятие живой белок и Энгельс, когда он говорил о живом белке как о субстрате жизни. Потому что тогда мы не имели чистого белка, а химики оперировали только с белковой системой, состоящей из соединений целого ряда веществ. Но значит ли это, что можно пойти дальше

и согласиться с Э.С., когда он понятие белка в химическом смысле упростил до крайнего невероятия. Я говорил по этому поводу с Э.С., но то, что он сказал сегодня, пошло дальше. Э.С. сказал, что ему неважно, что это за структура, м.б. это даже не белок. Разные авторы и Майер и Абдерхальден говорят здесь по-разному. Тут можно было бы говорить и о аминокислотах. Но говорить о белке здесь вряд ли возможно. Если говорить, что неравновесность определяет жизненные свойства, то можно дойти до абсолютного упрощенчества. Думается, что мы по этому пути не пойдем.

Основное положение Э.С. – жизнь характеризуется неравновесным состоянием и неравновесность длительно поддерживается, т.е. относительно устойчива. Сущность дела не этом, а в том, от чего это зависит. Тут говорилось, какие доказательства этого можно привести. Тут нужно вопрос оставить открытым. Я вполне согласен с Д.Л.Рубинштейном, что все доказательства Э.С. могут объясняться иначе, нежели структурно-молекулярная неравновесность. Но если даже стать на точку зрения Э.С., то все же мы имеем тут дело только с одним из условий или с решающим необходимым условием. Однако Э.С. на вопрос ответил – "необходимым и достаточным". Если это так, то права Л.С.Штерн. Тут называли каучук, который долго сохраняет свою неравновесную устойчивость, и каучук это сохраняет не только в дереве, но и будучи выделенным из него. Неустойчивость тут длится днями. Но этого недостаточно, чтобы признать каучук живым. Я вполне согласен, что каучук не живой. Но тогда вы должны отказаться от другого положения, что это достаточное и необходимое условие для того, чтобы признать тот или иной объект живым. Тогда это одно из каких-то условий. Вы к этому прибавляете следующее условие, что должен быть какой-то ингредиент, который постоянно возобновлял бы эту систему. Но мы ничего не слышали от вас об этом ингредиенте. Если откинуть все мембраны, которые по вашему мнению не играют никакой роли, то нужно откинуть всю структуру клетки. Так давайте скажем, что клетки нет, а есть только структура молекулы белка. Будем тогда говорить об этом совершенно открыто. Но если сама клетка играет какую-то роль, то неужели она второе производное от белка. То же самое получилось у вас с ферментами. Точка зрения о том, что ферментов вообще не существует, миновала. Вот уже 5 лет об этом кричит Фодера. Он пошел дальше, он говорит, что фермент это есть часть белка. Хорошо, что вы не стали на эту точку зрения Фодера.

Э.С.Бауэр. Пока.

С.Я.Капланский. Это пока – довольно длительное. Это должно объясняться чем-нибудь. Во-первых, с вашей точки зрения никак не разрешить вопрос о специфичности. Мы не можем себе позволить выкинуть труды, накопленные более чем в течение 50 лет просто потому, что вы дадите новое толкование, не подтвержденное ни-

какими экспериментальными данными. Мы отказываемся от трудов, которыми мы пользовались в течение даже 100 лет, но если к этому имеются основания. А вы что нам предлагаете? Некое состояние белка, которое никак не объясняет явлений ферментативного катализа. Чтобы ваше объяснение принять, нам предлагается отказаться от всех ферментов. Ваш пример с пепсином тоже очень неудачен. Вообще ко всем этим опытам надо относиться очень критически и проверять их сотни раз. Нужно напомнить знаменитый опыт Вильштетера, чтобы сказать, как осторожно надо исследовать все факторы, и для того, чтобы делать далеко не такие решительные выводы, как вы делаете сегодня. Относительно устойчивую неравновесность отрицать не приходится. Но вряд ли можно становиться на ту точку зрения, что эта неравновесность молекул объясняет все остальное. Это было бы упрощенческим подходом. Она может играть и большую роль, но это не снимает роли и значения целого ряда других факторов и в частности тех, против которых вы резко протестуете. Ваша теория многого не объясняет, но многое объясняет достаточно хорошо. На сегодня закон Донана выбросить нельзя, он объясняет распределение ионов кальция, хотя и не объясняет распределения ионов. Надо исследовать причины, почему не объясняет, а не выбрасывать закон. Надо разобраться в явлениях. Теория Донана не плохая теория, и ею бросаться не следует. Не отрицая состояния неравновесности, надо не переставать изучать и другие явления и процессы, иначе нам пришлось бы стоять только на этой точке зрения.

И.П.Разенков. Предлагается перенести заседание на завтра, на 12 ч дня.

Заседание закрывается
15 мая (продолжение конференции).

15 мая 1935 г.
Председатель проф. *И.П.Разенков*

Председатель. Сегодня у нас продолжение прений по докладу проф. Э.С.Бауэра "Проблема живого белка" и проф. Д.Л.Рубинштейна "К проблеме живого белка".

Виленский. После вчерашнего содоклада проф. Рубинштейна очень трудно сделать какие-бы то ни было дополнительные замечания. Тем не менее, несколько таких замечаний у меня есть и мне бы хотелось их высказать.

Первое из этих замечаний заключается в том, что в физике и в физикохимии существует понятие, которое в целом ряде пунктов сходно, если только не адекватно тому, что у проф. Бауэра носит название неравновесия. Это понятие носит там название стационар-

ного процесса. Это, следовательно, понятие, применяемое к системам, свободная энергия которых не находится в минимуме при данных условиях и для поддержания свободной энергии системы, в этом именно положении, требуется постоянная затрата энергии. В простейшем случае, когда потенциал системы остается неизменным, мы имеем дело со стационарным процессом. Так что для меня является несколько непонятной причина введения этого нового термина неравновесия взамен применения обычного физико-химического термина, именно — стационарное состояние.

Я поднимаю этот вопрос не только по терминологическим мотивам, а по мотивам иным, несколько более глубоким. Эти мотивы следующие. В опубликованной в печати работе профессора Бауэра, посвященной тем же вопросам, которые он здесь излагал вчера устно, отмечено между прочим, что в большинстве объяснений жизненного процесса постоянно фигурирует обмен веществ, в то время как самый обмен веществ подлежит объяснению с некоторых иных позиций. Мне хотелось бы терминологические замечания, которые я только что сделал, дополнить тем существенным обстоятельством, что обмен веществ и является как раз тем, что заставляет систему находиться в этом состоянии удаленности от минимума свободной энергии и что эта удаленность от минимума свободной энергии, этот стационарный процесс в живых организмах только и поддерживается благодаря существованию обмена веществ, и вне обмена веществ подобное положение было бы, конечно, невозможно. Следовательно, обмен веществ и какое бы то ни было удаление, будь то структурная энергия или какая-нибудь другая, от минимума свободной энергии, какое бы то ни было поддержание при данном хотя бы постоянном потенциале живого организма в этом состоянии связано с этим обстоятельством. Если мы будем рассматривать структурную энергию, как действительно нечто необходимое для живых систем, она также является существующей лишь в силу того, что существует обмен веществ и эти системы взаимодополняют друг друга, они обязательно сосуществуют. Вне этого сосуществования невозможно представление о таком неравновесии, о таком стационарном процессе. Это — замечание общего характера.

Второе замечание общего характера, относящееся к той же области, заключается в том, что проф. Бауэр в своих построениях отмечает различные моменты термодинамического характера, в то время как термодинамика представляет собой учение о равновесных состояниях и сама термодинамика совершенно не анализирует вопросов перехода из одного равновесного состояния в другое. Если мы имеем дело со стационарным процессом, то одной только термодинамики, одних только термодинамических соображений недостаточно. Существует категорическая необходимость в привлечении каких-либо кинетических моментов, к числу которых относится обмен веществ, о котором я говорил.

Далее следует некоторое отдельное замечание по части фактиче-

ской, т.е. тех фактов, которыми оперирует проф. Бауэр и которые не были рассмотрены вчера проф. Рубинштейном.

Меня, как коллоидника, особенно привлек один пример – пример с разностью потенциала, обнаруживаемой между местом растянутым и местом нерастянутым на желатиновой полоске. Этот пример приводится как подкрепление некоего правила знаков, на котором вчера подробно останавливался проф. Рубинштейн. Такого сорта отношение к этой разности потенциалов мыслимо лишь в том случае, если не анализировать природы этой разности потенциалов на желатиновой полоске. Знак этого потенциала изменяется на обратный, если мы обратимся к желатиновой полоске, набухшей не в растворе Рингера, а в какой-либо другой среде, обладающей активной реакцией, лежащей по другую сторону изометрической точки желатиновой полоски.

Профессор Бауэр говорит, что такие громадные энергетические выходы, которые должны быть свойственны реакциям с подобным излучением, не встречаются при обычном химическом реагировании, протекающем в самых разнообразных условиях.

Я должен отметить, что в этом случае профессор Бауэр упускает из виду одно обстоятельство – что митогенетическое излучение, т.е. излучение соответствующих длин волн и соответствующих по своей интенсивности обнаружено на целом ряде обычных химически реагирующих систем, скажем, при реакции восстановления перекиси водорода, каталитическим путем или окисления цитохрома или какого-либо другого легко окисляемого вещества. Это, я надеюсь, лучше меня осветит А.А.Браунштейн. Недоразумение с энергетическими подсчетами заключается в том, что проф. Бауэр не принял во внимание то обстоятельство, что вероятность подобного рода излучения нам неизвестна, и что не всякий элементарно-реакционный акт сопровождается подобного рода излучением, и что вероятность этого излучения в отношении каждого отдельного реакционного акта отнюдь нельзя считать равной единице. Эта величина значительно меньше и поэтому такой простой энергетический перенос никоим образом не может быть сделан.

Несколько натянутым является также заявление проф. Бауэра относительно того, что всякий катализатор является обязательно веществом с деформированной кристаллической решеткой. Опираясь представлениями Тейлора, надо все же не забывать, что ни сам Тейлор, ни его последователи никогда не говорили о том, что речь идет действительно о структуре деформированной. Я хочу сказать, что имеется целый ряд оснований думать, что параметры кристаллических решеток действительно влияют на активность катализатора, но это отнюдь не приводит нас к заключению, что наивысшая активность должна быть обязательно присуща такому катализатору, у которого решетка деформирована.

Относительно зимазы я могу привести большое количество диаметрально противоположных примеров. Например, катализаторы в

процессе своего действия ослабляют свою активность, а не повышают.

Относительно пепсина говорилось, об обращении пепсина в кристаллическое состояние по мере его "умирания". Я должен указать, что минувшей осенью Москву посетил Бернал, который нам сделал сообщение о том, что им получены препараты того самого кристаллического пепсина, о котором в свое время так много шумела химическая литература.

Наконец, мне хочется коснуться одного вопроса, всплывшего в прениях, главным образом, затронутого в выступлении проф. Насонова, — это вопроса относительно абсорбции. Я не стану принимать участие в дискуссии о том, что полупроницаемость или абсорбция, как это делал вчера проф. Насонов. Мне хочется только подчеркнуть то обстоятельство, что отмеченные вчера профессором Насоновым факты о повышенной абсорбционной способности протоплазмы, умирающей в отношении некоторых красок, можно рассматривать только в одном отношении, что абсорбционный потенциал этой умирающей протоплазмы выше, чем абсорбционный потенциал неумирающей протоплазмы. И поскольку это так, мне кажется, что это обстоятельство отнюдь не может быть рассматриваемое, как такое, которое льет воду на излагавшиеся вчера концепции.

В.А.Белицер. Почти все высказавшиеся по докладам присоединились к тому положению, что живая система находится в состоянии некоторого неравновесия, но, как свидетельствуют вчерашние выступления и сегодняшнее выступление д-ра Виленского, а особенно данные литературы, в этом представлении существует и остается очень большая принципиальная путаница. Поэтому разрешите в двух словах остановиться на том, как мне представляется это понимание неравновесия проф. Бауэра и в чем его отличие от всех равновесий и стационарных процессов, которые мы имеем в неживой природе.

Можно начать с исходного факта, который заключается, по-моему, в том, что всякой живой системе, даже при условии отсутствия внешней работы, отсутствия ассимиляции, в максимально покойном состоянии, когда никаких проявлений не наблюдается, свойственна затрата энергии на поддержание этого существования. Это основной факт, от которого отправляется профессор Бауэр. Этот факт, по его мнению, отражает особое состояние живой материи, потому что для сохранения этого состояния внутри этой системы не за счет энергии извне, как при каком-то стационарном процессе, а за счет внутренне свободной энергии этой системы, которая совершает непрерывную работу для поддержания этого состояния? Следовательно, это состояние нельзя, например, сравнить с состоянием неустойчивого равновесия такой системы, которая богата потенциальной энергией и при малейших толчках извне выходит из этого состояния, переходит в равновесное состояние и при этом

выделяет энергию. А именно к такому представлению часто приходят. И я думаю, что многим кажется, что в конце концов это состояние — стационарный процесс за счет энергии, не свойственной структуре, или что это одна из форм мобильного равновесия. Бауэр берет за основу это отличие живого от неживого и стремится его не только констатировать, а последовательно провести до конца, применить к разным физиологическим и биологическим процессам. Попытка, конечно, очень ответственная, очень трудная, но все-таки ее нужно приветствовать, прежде всего по методологическим соображениям. Это, по-моему, несбычайно близко связано с тем, что мы находим у Энгельса. Энгельс определяет жизнь как форму существования белковых тел, неразрывно связанного с обменом веществ. И обмен веществ он не понимает как простое вхождение одних и выхождение других веществ. Он в одном месте говорит, что металл под влиянием окисления дает ржавчину, но то, что у мертвого является причиной гибели, то у живых остается необходимым для их существования. Следовательно, идет вопрос о внутреннем обмене веществ.

На основании этих высказываний Энгельса мы очень легко получаем такое представление, что жизненная система — это белковая система, находящаяся в таком состоянии, которое неразрывно связано с процессом диссимиляции, скажем, окисление, а эти окислительные процессы дают энергию, необходимую для этого особого состояния.

Проф. Бауэр берет эти высказывания Энгельса, их сущность и старается конкретизировать их, развить, представить в такой форме, чтобы из них можно было сделать выводы и проверить эти выводы на практике. Насколько это ему удалось — это вопрос второй, а первый вопрос — это то, что концепция проф. Бауэра связана, таким образом, с позицией Энгельса, т.е. к бауэровской концепции можно очень легко прийти, отправляясь только от одних соображений Энгельса.

Относительно проблемы живого белка. Мне лично эта идея очень симпатична и, может быть, я сделаю отчаянную попытку, но я постараюсь поделиться соображениями, которые у меня есть по этому поводу. Правда, аргументировать здесь очень трудно.

Возьмем мышцу — объект, который изучен с биохимической стороны максимально, тщательно и глубоко, так же как и с физико-химической стороны. Как мыслится механизм сокращения? Мы знаем, что осмотическая теория сокращения отпадает в силу того, что она не соответствует действительности, теория изменения поверхностного натяжения — также. Единственно, что остается — эта теория о конфигурации отдельных тел мышечного волокна. Эта теория, которую предложил Курт Майер, берется не потому, что ей нет противоречащих фактов, но потому, что Курту Майеру удалось ее обосновать опытными данными. Следовательно, мы можем себе представить, что в мышечном волокне имеется растянутая белковая молекула, которая в момент сокращения переходит в другое со-

стояние, менее растянутое, и, по-видимому, это соответствует ее более равновесному состоянию. (Делает чертеж на доске). При этом получается энергия, а форма мицеллы меняется, укорачивается. Изменение белка мицеллы лежит в основе этого процесса. По-видимому, молекулярный механизм остается. Другого мы, по крайней мере, не имеем.

С места: А нервное волокно?

Я сейчас касаюсь только мышечного. При расслаблении мышцы эти мицеллы должны прийти в прежнее состояние удлинения, причем, по-видимому, на это должна быть затрачена энергия каких-то энергетических процессов, например, расщепления аденилпирофосфата. Где это расщепление происходит? В той же жидкости, которая окружает мицеллы? По-видимому, нет. Есть все основания думать, что мышечный механизм есть хемомеханическая система, т.е. что энергия выделяется внутри механизма, который работает. Аденилпирофосфат не выделяется здесь. (Показывает на рисунке). Гораздо правильнее представить себе, что в непосредственной связи с этими мицеллами и протекают все энергетические процессы. Они вытягивают эту молекулу. Мы ее не называем белковой, а называем мышечной. Мицелла является основой белковой молекулы, которая снабжена особыми специфическими группами, прежде всего ферментами, осуществляющими энергетические преобразования. Таким образом, белковая мицелла является как бы каркасом, на котором закреплены активные группы. Можно себе представить так, одна из этих активных групп стремится перетянуть другую, эта другая стремится перетянуть ее. Все время в состоянии покоя происходит работа против этих сил сцепления активных групп, и этим объясняется необходимость основного обмена, который мы считаем фактом. Когда из-за электрического агента эта работа снимается, эта форма меняется.

Что здесь основного? Это признание, что в миофибрилле есть молекула, скажем, белка, которая имеет активные группы и с такой организацией, которая обеспечивает соответствующие реакции и дает энергию для растягивания и сокращения молекулы. Конечно, нельзя переносить это на все процессы, это отчаянная попытка, но все-таки это имеет серьезное основание.

Если не обязательно, что у другой молекулы в других тканях есть такие же натянутые и с такой же структурой молекулы, то все же возможно, что в других тканях мы тоже имеем хемодинамическую машину, что и там тоже коэффициент полезного действия высок. В мышце мы имеем такую хемодинамическую машину, энергетический процесс которой дает непосредственную энергию. В других тканях коэффициент полезного действия этой машины сильно отличается. С точки зрения эволюционной было бы неправильно так думать, потому что в течение эволюции отбираются наиболее экономные механизмы.

Эти рассуждения можно экстраполировать на другие ткани. Конечно, там другие формы, но существо может быть такое же.

Вчера докладчика упрекали в том, что весьма вероятно, что неравновесное состояние жизни относится только к клетке, а в целом отдельном веществе принципиально не отражается; в условиях организации клеточного целого и создаются те специфические особенности, скажем, неравновесие, которые относятся не к отдельной системе клеток, а к клетке в целом.

Против этого можно возразить то, что мы все же знаем переживающие клеточные части подобно комплексным органам. Мы знаем, что хлорофилловое зерно функционирует некоторое время после выделения из клетки, а с другой стороны, известно, что функции хлорофиллового зерна дают симплекс, связанный с интактносью работы протоплазмы. Скажем, свойство полупроницаемости является критерием жизни, это свойство всех живых образований и теряется с жизнью. Мы знаем, что в некоторых случаях удается растительную клетку разрушить, из нее вытекают капельки, в которых удастся установить свойство полупроницаемости, довольно долго удерживающееся. Я думаю, что существуют такие факты, которые заставляют признать, что клетка не есть последняя жизненная единица, а если так, тогда нужно остановиться на автономности, что автономно, какая последняя структурная единица. Если понимать под белковым комплексом тот белок, который имеется в качестве активных групп, ферментов, как симплекс, то это не будет живой белок, но в основном это белок, потому что там каркасом служит живая молекула белка.

Теперь я хочу остановиться на вопросе — нужен ли основной обмен для всех клеток. Это — фундаментальный факт, из которого профессор Бауэр исходит, и к нему нужно серьезно и критически относиться. Мы не все это принимаем, но напрасно — надо было бы еще раз этот вопрос проработать и измерить этот основной обмен. Измерить этот основной обмен очень трудно. И в экспериментальном отношении здесь большие трудности, еще и потому, что когда мы измеряем основной обмен изолированной мышцы, то малейшее повреждение ее усиливает этот обмен. Скажем, немного нарушенная мышца делается гораздо интенсивнее, чем интактная. Здесь все эти трудности нужно превозмочь и получить цифру энергии, требующейся для основного обмена. Таких цифр нет, во всяком случае, они все очень спорны. Нужно вернуться к этому основному пункту, нужно, превозмогая эти трудности, дать цифры по основному обмену и потом говорить о неравновесном состоянии.

А.Е.Браунштейн. Вначале я хочу сделать замечание по поводу выступления д-ра Белицера. Он, если я правильно понял, усматривает разницу между устойчивым равновесием проф. Бауэра и стационарным состоянием в том, что система производит какую-то внутреннюю работу за счет самой себя на поддержание своего состояния. Это не совсем правильно. Система может поддерживать

себя за счет какой-то работы, происходящей в ней, только при условии доставки энергии дающего материала. Это и является источником поддержания ее состояния, т.е. система ничем принципиально от системы стационарной не отличается.

По существу вчерашнего доклада. Я должен подчеркнуть, что я целиком согласен с проф. Бауэром, когда он выпячивает на первый план структурную энергию, т.е. энергию определенного состояния молекулы, как одну из важнейших основ и как непосредственную форму превращенной энергии при механической работе клетки. В пропаганде этой точки зрения, в частности, в отношении мышечного волокна, я усматриваю одну из серьезных заслуг проф. Бауэра, потому что, хотя эта точка зрения и фигурирует в мировой биологической литературе, она не получила еще достаточного признания.

Я готов согласиться с проф. Бауэром и в том отношении, что, быть может, энергия этого вида имеет более обширное значение. Например, можно себе представить, что проведенное возбуждение по нейрофибриллам связано с аналогичным моментом. Может быть, роль этого вида энергии и еще шире.

Но очень существенные разногласия начинаются у меня с проф. Бауэром, когда он принцип деформации молекулы белка обобщает как более широкую, основную характеристическую особенность, отличающую живое от неживого. Здесь мои пути как биохимика, очень сильно расходятся с путями, по которым идет профессор Бауэр.

Прежде чем говорить о представлении проф. Бауэра об обмене веществ, а именно этому я хочу посвятить свое выступление, одно маленькое замечание, связанное с вопросом использования лучистой энергии как критерия структурной энергии живого вещества.

Замечание первое я хочу сделать об опытах Флеза. Я согласен с замечанием, которое здесь было сделано о недопустимости использовать его спектральный опыт для вычислений лучистой энергии. У вас излучения 2000 ангстрем. Если считать это излучение достаточным для характеристики перехода от живого в мертвое состояние, то его причиной никак не может быть деформация белка. Как бы вы его ни растягивали, вы не придете к этому состоянию. Можно получить для деформации величину энергии на 1-2 порядка меньше; 2000 ангстрем — это та энергия, которая освобождается при рекомбинации иона кислорода... в газообразной среде. Ни о каких величинах такого порядка для деформации белка не может быть речи.

Д-р Виленский указал сегодня, что митогенетическое излучение можно получить при самых простых реакциях, при превращении водородного иона в молекулярный водород, и здесь никакой деформации такого рода нет. Вероятность этого процесса можно выразить в величине 10^{-14} . Если пытаться на основе излучения вычислить энергию молекулы живого белка, то придется признать, что всего 10^{-14} доля молекул живая.

Красной нитью в представлении проф. Бауэра проходит примат структуры и структурной энергии над обменом веществ. Обмен веществ нужен для поддержания структуры энергии, он возможен только благодаря структурной энергии, но все время он отодвигается на второй план. Вполне определенно говорится, что те теории, которые выдвинуты и хотят объяснить жизнь на основе обмена веществ, пользуются для объяснения чем-то таким, что само нуждается в объяснениях. Я думаю, что это оружие с тем же успехом может быть обращено против теории проф. Бауэра. Когда он говорит, что жизнь объясняется структурной деформацией, то я ему отвечаю, что это нуждается в объяснении, которое можно найти в обмене веществ. Во всяком случае, в соотношении структуры и обмена крайне не диалектично выдвигать одну из сторон этого процесса в противоположность другой. Исторически, эволюционно никак нельзя представить, что структура возникла раньше и послужила причиной возникновения обмена веществ. Несомненно, что и обмен веществ и структура развивались параллельно, взаимно диалектично-связанные. Кроме того, это объяснение несколько не более конкретно, чем объяснения Фишера, Флюгера и т.д., которые проф. Бауэр отмахивает за их неконкретность. Я не знаю, может быть, проф. Бауэр даст такое объяснение, каким образом можно представить себе конкретно обращение структурной молекулы в электрическую, химическую и молекулу обмена веществ. Преимущества в конкретности я здесь не вижу.

Коснусь представления о деформации молекулы субстрата, о ее способности реагировать, которая фигурирует у проф. Бауэра. Если на эту предпосылку смотреть с точки зрения хотя бы процессов катализа, то она превращается в общее свойство — всякая молекула, способная реагировать, есть молекула, способная деформироваться. Значительное число современных теорий катализа предполагают эту деформацию. Виленский правильно указал, что деформация субстрата отнюдь не предполагает деформацию самого катализатора. Представление о том, что ассимиляция субстрата обмена в молекуле живого вещества является необходимой предпосылкой его диссимиляции, равносильно заявлению, что молекула субстрата может сорбироваться на частицах катализирующего вещества. Такую сорбцию мы могли назвать диссимиляцией. Но характер главных сил с химической точки зрения не существен. Мы вправе говорить, что платина ассимилирует молекулу перекиси водорода и в качестве продукта выделяет кислород. Здесь специфики жизни мы, как мне кажется, не найдем.

Простейший анализ представления о диссимиляции показывает, что невозможно следовать за проф. Бауэром в его отрицании существования фермента. Дело в том, что аналогия между представлениями проф. Бауэра и теорией Фодера, о которой вчера говорил С.Я.Капланский, идет значительно дальше, чем вначале можно было заключить. Фодер говорит, что "различие между живым и неживым заключается в том, что на живом абсорбированы зимо-

активные субстанции, а на мертвом нет", а зимоактивная субстанция Фодера, обладающая большой поверхностной энергией и отдающая свою энергию на обмен веществ, — это живое существо. Но проф. Бауэр осторожнее. Он говорит, что зимоактивные субстанции могут быть белками и углеводами и что их специфическое сродство объясняется молекулярным соответствием, специфическим остаточным сродством. Относительно природы Фодер воздерживается от каких-либо выводов. Он не называет это белком.

Если мы возьмем следующие факты о ферментах — их качественную специфичность, наличие специфического сродства, субстрата, если мы возьмем воспроизводимость ферментных превращений в организмы, если мы возьмем наличие специфических ферментных ядов, действие которых идентично, когда они действуют на клетку или фермент, если мы возьмем установленную в настоящее время в принципе химическую природу целого ряда ферментов, мы видим, что нам на каждом шагу при работе с ферментами приходится иметь дело с определенной специфическим сродством, то для нас становится совершенно ясной недопустимость отрицания какой-то специфической конфигурации фермента или мы должны делать вывод, что это делается тогда, когда мы выделяем ферменты из клетки для их изучения.

В необходимости самой ферментной реакции для поддержания состояния катализатора проф. Бауэр усматривает доказательства того, что имеется структурная деформация частиц катализатора. Но как раз этот пример с инактивированными зимоактивными группами является ярким опровержением необходимости допускать специальную внутримолекулярную структурную энергию. В настоящее время совершенно точно доказано, что интенсификация зимазы, наступающая при отсутствии субстрата, происходит в результате распада одного из вспомогательных катализаторов, проходящего в составе субстрата фермента.

Мне кажется, что особую специфику жизни нужно искать именно в процессах ассимиляции, и для процессов ассимиляции — восстановления роста и т.д. представление о структурной энергии не дает нам на сегодняшний день определенных конкретных данных. Гораздо более конкретно представление о повышении потенциала, с которым связана ассимиляция. Это дает нам в настоящее время чисто химическую концепцию о сопряженной реакции при переносе активного водорода, активной фосфорной кислоты, активного аммиака. Жизнь надо рассматривать как форму движения сложнейших систем, содержащих в себе активные разнообразные вещества со специфическими сродствами. Пытаться упрощать эту сложность жизненных явлений, сводить их к различным состояниям, к деформации какой-то молекулы, — это значит заставить природу всего многообразия химического процесса, всего многообразия жизненных функций — достигнуть путем растягивания некоторой гармоникой, растянутого и опавшего белка. Эта гармоника недостаточна для того, чтобы объяснить все многообразие жизненных явлений.

Г.М.Франк. Критика доклада проф. Бауэра, то обсуждение, которое возникло и в результате этого доклада, и в результате содоклада проф. Рубинштейна, концентрировались вокруг трех основных пунктов.

Первый — наиболее общий пункт, пункт о неравновесных или стационарных состояниях; второй пункт — о повышенном энергетическом уровне, свойственном живым системам, о том, что проф. Бауэр обозначает уровнем или жизненным потенциалом, и третий — наиболее спорный и дискуссионный пункт — пункт о том, что в какой форме находится этот повышенный энергетический уровень, является ли здесь преобладающей структурная энергия или же мы здесь имеем дело с нашими обычными классическими представлениями. Будучи последовательными материалистами, мы должны считать, что живые системы состоят из неких элементов, которые мы обозначаем и называем неживыми, и, по существу говоря, спор, который здесь развернулся, заключается в том, сколь сложная комбинация элементов, которую мы называем явно неживой, создает систему, обладающую свойствами, которые мы отчасти можем сформулировать, а отчасти интуитивно называем свойствами живыми. Основной спор — основа всей дискуссии заключается в том, что так как представление обычной биологической физикохимии, физиологии, биологии принуждают нас называть живыми системами более крупные объекты в смысле масштаба, то введение представления о структурной энергии в обозначении живой допускает то, что мы приходим к более мелким элементам. Вот в чем заключается спор, т.е. в том, начиная с какой величины объекта, грубо выражаясь, система становится живой.

Здесь представление о структурной энергии, которое, повторяю, несомненно, является импонирующим и, как я имел возможность убедиться, импонирует не только мне, позволяет назвать живой системой не организованную в комплекс в виде клетки или части клетки, а систему, которую Бауэр называет белковой молекулой, или, я согласен здесь с проф. Капланским, что ее нужно назвать белковым комплексом, но каким-то очень маленьким белковым комплексом, оставив в стороне слово "молекула".

По поводу того, действительно ли этот микробелковый комплекс живой и определяются ли его жизненные свойства структурной энергией, — можно спорить и нужно сказать, что проф. Бауэр находится здесь в выгодном положении, вот в каком отношении: можно опровергать его доказательство, но в настоящий момент нельзя доказать обратного. Каково бы ни было сейчас положение в современной физикохимии, доказать, что проф. Бауэр неправ, — мы не можем. Но можем только оценивать степень солидности, степень продуманности и экспериментальной проработанности этого утверждения.

Насколько я понимаю из самого доклада проф. Бауэра, он никогда не претендовал на то, что все доказательства, которые он приводит, являются абсолютно законченными и абсолютно незыб-

лемыми. Наоборот, организация самой дискуссии сделана для того, чтобы тем доказательствам, которые приведены, дать соответствующую критику и найти, может быть, целый ряд новых доказательств. У проф. Бауэра есть целый ряд ценных доказательств, приводимых для подтверждения его точки зрения, которая, повторяю, в общей форме мне импонирует. Но я должен согласиться в значительной мере и с проф. Рубинштейном, что если не большинство, то часть высказываний, которые здесь делались, несомненно, заслуживают внимания и такая развернутая критика играет известную роль. Я не буду повторять и особенно дополнять эти высказывания, укажу только, что в наиболее трудном положении находится то, что проф. Рубинштейн назвал электрическими доказательствами. В частности, разность потенциалов между утомленным и неутомленным мышечными волокнами — очень сложна, потому что в утомленной мышце содержание молочной кислоты может оказаться больше, чем в неутомленной, ибо работа увеличивает количество этой молочной кислоты.

Придется упрекнуть проф. Бауэра за одну вещь. Разрешите прочесть цитату, которая относится к проблеме митогенетического излучения. Непосредственного отношения к разбираемому вопросу эта цитата не имеет, но хотелось бы обратить на нее внимание:

"Объективная регистрация митогенетического излучения физическими методами до сих пор не удалась и хотя в последних опытах Зейварт, а также Ларенцов, можно было констатировать интенсивность в 10 квант в одну секунду, все опыты дали отрицательные результаты".

Проф. Бауэр знает, что в Ленинград приехал проф. Гарлах, который докладывал, что в его лаборатории митогенетические лучи измерены и что проф. Барт строит установку для измерения этих лучей здесь. Нельзя сказать, почему в некоторых случаях митогенетические лучи удается измерить, а в некоторых случаях не удается. Но с проблемой митогенетических лучей дело обстоит не так плохо, не хуже, чем с проблемой живого белка (смех).

После этого маленького отступления я вернусь к непосредственно разбираемому вопросу.

Если мы чисто формально, не вдаваясь в экспериментальное доказательство, на один момент допустим, что структурная энергия играет громадную роль в создании того, что мы понимаем под жизненными свойствами, если мы на один момент формально допустим, что, помимо клетки или каких-то клеточных частей, которые мы имеем право называть живыми, существуют и недифференцированные несколько более гомогенные системы, мелкие белковые системы, молекулы, которые мы имеем право называть живыми, то какие затруднения мы встретим на этом пути. Вчера профессор Капланский весьма решительно утверждал, что мы здесь встречаем почти непреодолимые затруднения, а именно, если такую мало дифференцированную белковую систему мы на один момент назовем живой, спрашивается, — говорит он, — для чего тогда суще-

ствует клеточная структура, многофазность ядра в клетке, различные полупроницаемые перегородки, если они действительно есть на свете, и т.д., и т.д. Пожалуй, с ним можно согласиться в том утверждении, что молекулярные структурные свойства, может быть, обязательный, но еще недостаточный признак, и этой структурной энергии недифференцированного белкового комплекса нужно придать еще гистологическую структуру, т.е., что все жизненные свойства не могут поместиться за пределами микроскопической видимости. Я, откровенно говоря, не согласен с этим утверждением. Действительно, для того, чтобы клетка жила, нужны и ядро, и оболочка, и целый ряд других структурных элементов. Я должен сказать, что человек есть тоже живое существо. Для того, чтобы человек жил, нужно, чтобы он имел нос, глаза и т.д., нужен целый ряд очень сложных, чрезвычайно дифференцированных структурных образований, которых нет у бицельсии коли, которую мы называем живой. Поэтому с чисто формальной точки зрения наше возражение не имеет силы. Это дело вкуса, но может существовать система, в которой мы не различаем микроскопических, гистологических подробностей, система амикроскопическая, структуру которой можно назвать живой. Не обязательно называть живой такую систему, которая сообщает все сложные структуры, возникшие в связи с дальнейшей дифференциацией и эволюцией живых существ.

Я уже сказал, что не все доказательства, приводимые проф. Бауэром, выдерживают критику. Он, вероятно, с этим сам согласится. Но нужно сказать, что проблема таких структурных представлений имеет целый ряд ярких аналогий, так что мы можем об этом говорить не только схоластически, но как-то совершенно определенно. Проф. Бауэр и тов. Виленский упомянули о вопросах, связанных с катализом на кристаллических поверхностях. Недавно появились весьма интересные работы из института академика Семенова, работы Рудинского. Они показали весьма замечательную вещь. Как известно, железный порошок в ряде случаев может являться катализатором. Если этот железный порошок тщательно обезгазить, то он теряет свои каталитические свойства. Достаточно железному порошку поглотить небольшое количество газа, например, азота, — одну молекулу на одну или две тыс. атомов железа, как этот железный порошок становится катализатором. При этом те подсчеты, которые были сделаны, и попытки рентгенографического анализа показывают, что речь идет о какой-то деформации решетки и можно дать целый ряд электростатических выводов, соображений, на основе которых показать, что действительно мы имеем здесь дело с появлением своего рода структурных сил.

Я согласен с рядом выступавших товарищей, что такие неорганические, чисто кристаллические схемы далеко нельзя переносить на проблему живого белка, но целый ряд наблюдаемых фактов в неорганической природе показывает, что при том многообразии

сложности, которые мы имеем в органических системах, мы можем себе представить целый ряд аналогичных или еще более действенных факторов, которые нельзя игнорировать. Из чисто формальных соображений и из соображений хотя бы того, импонирует или не импонирует это положение о структурной энергии, все-таки место структурной энергии и известному структурному примату уделить нужно. Нужно в то же время серьезно отнестись к замечаниям. Наиболее серьезным я считаю замечание А.Е.Браунштейна в отношении обмена веществ, ограничивающего эти представления.

Чтобы разговор не остался схоластическим, для проверки этих обстоятельств есть и нужно применить целый ряд путей. Нужно эти вопросы поставить и разрешить экспериментально. Дальнейшее развитие изучения рамановских спектров и дальнейшее повышение техники рентгеноанализа кое-что дадут. Затруднения здесь, конечно, большие.

Л.Н.Федоров. Проходящая дискуссия, я бы сказал, затронула один из самых животрепещущих вопросов естествознания – вопрос о живом и неживом. Не случайно все ораторы очень остро, и в частности тов. Рубинштейн, ставят этот вопрос, – именно потому, что положение очень трудно. Мы имеем систему установившихся взглядов на структуру и закономерности, относящиеся к живому белку. До сих пор в этой области привлекались концепции, идущие, главным образом, из химии. Сошлюсь на академика Н.Д.Зелинского, очень компетентного человека, который так сформулировал свой взгляд: живого белка нет – он исчез. Таким образом, самое качество живого было Н.Дм. ликвидировано.

Случайно это? Нет. Не случайно, что физикохимики особенно нападают на проф. Бауэра. Здесь вопрос очень трудный и принципиальный, сущность его именно в методологической концепции. Характерно, что проф. Рубинштейн, очень искусно подобравший материал, только в отрицательном смысле характеризующий работу проф. Бауэра, почти ни словом не оговорился о положительных сторонах и, что совершенно замечательно, не высказал своей точки зрения – как же он представляет себе живое вещество. А надо было показать свою собственную позицию, если вы проводите такую критику.

Какая же это позиция? Можно сказать совершенно определенно: свести все к элементарно-физическим явлениям, т.е. механистическая позиция. Не случайно Рубинштейн укрыл свою собственную точку зрения, и когда я его после дискуссии спросил, какая же ваша точка зрения, он ответил:

– Это вопрос очень трудный.

– Ну, а все-таки?

Он мне не ответил, и не знаю, сформулирует ли он свой ответ.

В живом существе существуют закономерности, которые есть и в неорганической природе. Но здесь мы упираемся в центральную проблему качества. Значит ли, что теория проф. Бауэра отвергает

закономерность клеточной физиологии? Нет. Но это не значит, что общие физиологические закономерности отсутствуют. Они тоже имеют место там и должны быть изучаемы и наблюдаемы. Здесь спор не только по существу эксперимента, но по существу глубоко принципиальный философский спор, который идет на конкретных позициях. И мне кажется, что противники Бауэра, открыто или не открыто, протаскивают по существу механистическую точку зрения, которая отрицает качество живого, потому что ничего собственного она не дает.

Следующую дискуссию мы посвятим проблеме полупроницаемости и попросим проф. Рубинштейна высказать свою точку зрения. Мне кажется, что она сводится к физико-химическим явлениям и по существу качества живого в ней исчезают.

Передо мной книжка Опенгеймера. Проф. Бауэр выпустил свою первую статью в 20-м году, насколько мне известно. Книжка Опенгеймера появилась позже. Он ссылается на проф. Бауэра и пишет: ... (читает). Таких примеров можно привести из современной биологии достаточное количество, т.е. короче говоря, концепция проф. Бауэра в основном не является противоречащей основным тенденциям современного естествознания.

Но разница между высказываниями проф. Опенгеймера и проф. Бауэра в том, что у Бауэра, как правильно отметили, последовательная линия развития, а здесь, с одной стороны, идейные высказывания, с другой стороны, механический процесс, — последовательности здесь нет.

Одна из не то, чтобы слабых сторон, а иначе на данном этапе быть не может, это то, что не все еще доказано. Но если бы проф. Бауэр проблему живого белка раскрыл на все 100%, это было бы мировое событие. Мы не требуем от проф. Бауэра, чтобы он разрешил все вопросы до конца. Работа проф. Бауэра даст возможность заострить внимание на основных вопросах и поставить экспериментальную проверку. Надо понять, что методические работы исключительно трудны, но не невозможны, в то время как у некоторых оппонентов вчера проскальзывала такая точка зрения, что это дело безнадежное и ставить вопрос нельзя. Правильна ли такая тенденция? Неправильна. Не случайно этот вопрос был поставлен, не случайно теория проф. Бауэра является прогрессивной теорией, ибо, если встать на точку зрения Н.Д.Зелинского, то с живыми существами нечего делать.

Теория проф. Бауэра имеет огромное принципиальное методологическое значение, она смело ставит вопрос. В ней много еще недоработанных фактов, возможно, есть и ошибки. Всякая действующая теория, которая проверяется практикой, изменяется. Может быть, проф. Бауэр через два года откажется от своих позиций и выдвинет новые, но одно можно сказать, что концепция проф. Бауэра является прогрессивной, она ориентирует нас в очень важном и нужном направлении и, кроме того, как рабочая гипотеза она очень плодотворна.

Потемкин. Л.Н.Федоров внес некоторые поправки в выступление д-ра Белицера, с которым я решительным образом не согласен, когда он квалифицирует идею проф. Бауэра по отношению к живому белку как некоторую отчаянную попытку подойти к разрешению проблемы.

Белицер. Не так поняли, я не его, а свою попытку назвал отчаянной.

Я думаю, что и вашу попытку не следует так называть. Если ваша попытка кинетически или духовно связана с проф. Бауэром, то она должна иметь совершенно определенную квалификацию, мы должны ее рассматривать как смелую попытку, смелую идею, которая имеет целью поставить в новом аспекте вопрос, потому что старые рамки являются тесными для поступательного хода такой естественно-научной теории познания.

Относительно значения идей, которые высказывал проф. Бауэр: сегодня, в отличие от вчерашней дискуссии, было сделано несколько весьма положительных заключений, из которых я подчеркиваю не столько заключения проф. Франка, сколько неожиданное для меня заключение А.А.Браунштейна.

Перед нами, как мне кажется, вопрос стоит так: или этой смелой идее мы окажем сопротивление или же мы должны ее поддержать.

Голос с места: И направлять ее.

Может быть, и направлять. Вчерашние выступления можно было скорее охарактеризовать, как попытку оказать сопротивление этой смелой идее, которая основывалась, главным образом, на недостаточности экспериментальных доказательств или неправильном истолковании проф. Бауэром экспериментальных результатов, добытых не им, а другими исследователями. В числе аргументов такого отношения были такие, про которые можно сказать, что они не похожи на те, с которыми выступил Браунштейн по поводу взгляда Бауэра на ферменты. Так как не все биологи разделяют точку зрения, которая сводится к отрицанию существования ферментов, то, стало быть, рано говорить о таком отрицании. Невольно вспоминаются времена, когда некая концепция в истории химии играла огромную роль, а затем была отвергнута, и когда подавляющее большинство химиков стояло на точке зрения этой концепции, — я говорю о теории флогистона. Тогда ее разделяли очень хорошие химики, которые наградили нас элементами, те химики, о которых вы думаете, как о настоящих, и которые дали нам вещества, те химики, которых мы с современной точки зрения не назвали бы химиками. Положительное значение теории флогистона в отношении к алхимическому периоду очень большое. В свое время было опасно высказывать свою точку зрения, что теория флогистона неправильна. Возьмите то, что Браунштейн говорил относительно ферментной системы, — что это, как не некоторый шаг в отступлении от ранее занимавшейся позиции, как не некоторый шаг,

который приближает тех, кто стоит на позиции признания ферментов в сторону фодеровских представлений, бессознательный шаг. Взгляд на фермент как на индивидуальное вещество и на то, что задачей органической химии или химии вообще является изолировать это индивидуальное вещество, изучить его структуру и т.д., остался позади, мы перешли к ферментам трегера, к ферментам комплексов.

В чем мне представляется главная заслуга проф. Бауэра? В том, что он сделал попытку диалектического наступления на некоторые привычные наши представления, но эта попытка, мне кажется, сделана им в некоторых случаях все же с недостаточной смелостью или с оговорками.

На трех моментах здесь уже останавливались. Но все-таки на них необходимо еще раз остановиться — речь идет об основном законе устойчивого неравновесия, о концепции живого белка и об энергии структуры.

Вчера особенно подчеркивалось, что своим законом о неравновесии проф. Бауэр ничего нового не сказал, поскольку очень много лет тому назад стало известно, что равновесное состояние в живой природе не наблюдается. Но спрашивается, какой практический вывод по отношению к научному исследованию это дает? Создается впечатление, что до сих пор этот закон неравновесия признавался больше на словах, чем в непосредственной интерпретации того или иного факта, хотя бы в области обмена веществ. Конечно, нельзя не согласиться с Энгельсом, что в органической природе закон абсолютного тождества является непримиримым: растительная и животная клетка и равны сами по себе и неравны, и для физиолога наступающие ежеминутно, ежечасно, ежесекундно изменения, бесспорно представляют исключительный интерес. Отдельные фазы жизни, как, например, эмбриональное развитие, молодость, половая зрелость, старость, смерть — являются лишь только известными видимыми и осязаемыми этапами этих молекулярных изменений. Если бы клетка находилась в состоянии равновесном, то, вряд ли она из этого состояния могла бы выйти.

Я не могу согласиться с проф. Бауэром в одном: он вводит в закон неравновесия еще одну категорию — устойчивое неравновесное состояние. Эту поправку вводить не надо, иначе мы впадаем в целый ряд противоречий, которые потянут профессора Бауэра к закону неустойчивого равновесия. Мне кажется, было бы правильнее рассматривать устойчивые неравновесные процессы как частный случай неустойчивости.

В самом деле, если клетка стремится сохранить свое известное состояние, то она в то же время находится под непрерывным постоянным воздействием окружающей среды, и эта окружающая среда не гарантирует устойчивости для системы устойчивого неравновесия. Если бы, например, сперматозоид (простите за немножко вольный пример) находился бы в состоянии неустойчивого равновесия, то едва ли он вышел бы из своего затруднительного

положения и едва ли он в своем развитии дал бы те отдельные этапы и фазы жизни, о которых я только что говорил. Мне кажется, что в законе неравновесия ограничение его таким понятием устойчивости, как всеобщим законом, — вводить не следует.

Что же здесь нового? Новое заключается в том, мне кажется, что, помимо признания на словах закона равновесия и вместо признания его на словах, проф. Бауэр делает совершенно конкретную попытку применить его при интерпретации того или иного факта в обмене веществ или в жизни организма.

Спрашивается, много ли у нас имеется в биологической или биохимической науке таких классических примеров, когда бы мы интерпретировали тот или иной факт с точки зрения неравновесного состояния? Наоборот, старые привычные представления тянут нас обратно и по большей части, когда дело переходит к интерпретации, мы ограничиваем себя рамками неустойчивого равновесия.

Относительно самой проблемы живого белка никак невозможно согласиться с теми товарищами, которые говорят, что раз вы говорите о живом белке, то нужно говорить о живых углеводах, живой поваренной соли и т.д.

Упрек, который сделал проф. Капланский проф. Бауэру о том, что нужно условиться, что мы понимаем под живым, совершенно законен. Почему? Я сказал, что идея проф. Бауэра представляет попытку наступления на наши обычные представления. Самое понятие живого для нас полно обычного содержания — живо то, что размножается и производит потомков. Но не подлежит никакому сомнению, что в эволюции живая материя и самое содержание, отличающее живое от неживого, может быть различно и было, вероятно, различно, что жизнь в тех формах, в которых мы наблюдаем ее сейчас, не свалилась от бога прямо непосредственно на землю. Разве несправедливо утверждение Энгельса, что обмен совершается и в неорганическом мире, хотя и в совершенно иных формах? Проф. Бауэр правильно взял слово живой в кавычки, но было бы еще правильнее, если бы он сказал о биологической активности белка с деформированной решеткой. Если бы сказать об этом точнее, то может быть не было бы таких обобщений, в результате которых кислород и водород можно причислить к живым веществам.

Второе чрезвычайно существенное, что нужно приветствовать и поддерживать, это отмечали и проф. Франк, и Браунштейн, и Л.Н., — это выдвигение в качестве одного из весьма серьезных компонентов, входящих в жизненный процесс, энергии структуры. Когда речь идет о том или ином факте из области хотя бы промежуточного обмена, то спросите у Браунштейна, чем ему приходилось в своей экспериментальной работе, в изложении своей идеи пользоваться? Тем, что раньше было, т.е. зависимостью обмена от структуры. Здесь уже говорили о том, что, по-видимому, нельзя упрощать, но анализировать нужно. Если бы мы остановились на клеточном процессе как таковом и не делали бы попытки анализировать его,

то тогда не было бы прогресса научной работы и клетка осталась бы, как некая сущность, совершенно нетронутой, по отношению к которой нельзя подходить ни с физическим, ни с химическим, ни с физико-химическим оружием. У нас часто можно слышать, что здесь упрощение, здесь перегиб и т.д. При этом совершенно забывается, что нельзя пренебрегать другими методами, нельзя застревать только на аналитическом методе исследований, но нельзя думать, что пользование этим методом есть недостаток.

В нашей дискуссии есть еще один недостаток — это то, что нам приходится вести обсуждение по материалу, который изложен в двух главах работы проф. Бауэра. Поэтому коснуться вопроса критики обмена веществ и структурной энергии и того, что друг друга определяет, — нельзя. Одно только можно сказать, что если профессор Бауэр считает, что не обменом веществ нужно объяснять качественное изменение клетки, а наоборот, структурной энергией объяснять изменение в обмене веществ, то, мне кажется, мы здесь стоим перед опасностью игнорирования специфики обмена веществ. Тогда можно договориться даже до того, что в конце концов безразлично, какой энергетический материал будет поступать для поддержания энергии структуры или разности потенциалов, договориться до того, что питаться можно керосином вместо углеводов, важно только обеспечить это питание, а специфика может исчезнуть.

Поэтому, мне кажется, нужно приветствовать предложение проф. Франка относительно необходимости экспериментальных проверок и исследований для подтверждения основных положений в изменение или замену недоброкачественных доказательств годными. Ограничиваться сегодняшней дискуссией мне не представляется возможным. Ее нужно более серьезно организовать, по-видимому, осенью, когда большинство из интересующихся этим делом товарищей смогут познакомиться со всей работой проф. Бауэра.

Последнее, чем я хотел закончить, это то, что доказательства, которые приводились вчера в качестве возражений или известных сил сопротивления, необходимо должны подчиняться интересам самого существа дела. Правильно подметил Л.Н., что выступление Виленского относительно того, что нет живого белка, что не стоит об этом живом белке говорить и т.д., возникло вследствие того, что подготовка к дискуссии и ознакомление самого Л.Д. с материалами носило несколько поверхностный характер. Что касается самого доклада — Э.С.Бауэр сделал блестящий доклад. Характеристику этого доклада Л.Н. дал. Но мне кажется, он бил мимо цели. Бывают такие случаи, что идея высказана и требует доказательств, а их нет. Это мы имели в начале 19 века. Прут высказал предположение о том, что водород является праотцом всех элементов. Едва ли удалось бы ему доказать эту идею, а между тем сейчас мы имеем торжество ее. Когда идея очень важная, а экспериментальных доказательств недостаточно, это заставляет нас не отвергать эту идею, а наоборот, если она представляет собой,

как правильно сказал тов. Федоров, идею прогрессивную, мы должны стремиться подкрепить ее как можно большими доказательствами. Этим самым мы создадим специфику научно-исследовательской работы в Союзе, т.е. тем, что научный коллектив подхватывает прогрессивную идею, хотя она и не доказана, и разрабатывает ее объединенными усилиями.

И.С.Беритов. Я не буду говорить по существу доклада, т.е. в какой мере концепция проф. Бауэра об основных свойствах живой молекулы и мертвой молекулы вытекает точно из его положений. Я хочу только сказать о постановке самой проблемы.

В этой постановке проблемы я нахожу очень существенный недостаток, вызывающий у меня недоразумение, именно, что основным стимулом создания такой концепции являются наблюдения, произведенные над процессом сокращения мышц. Процесс сокращения мы относим к миофибриллиям (волоконцам), а являются ли эти волоконца живыми, — это вопрос большой. Я лично думаю, что они не живые. Это сложное соединение миопласт. В результате обмена веществ развивается такое специальное образование. Это образование имеет задачей выполнять механическую работу. Работу как явление механическое в организме можно смело отнести к таким образованиям, которые являются мертвыми. Но ведь мертвое образование создается живым. Волокно мышечное я считаю мертвым, специально развитым в процессе онтогенеза. Какие у меня для этого основания? Мы можем убить мышцы хлороформом и такая мышца будет сокращаться так же, как и живая. Вы можете вызвать в этой мышце обычные процессы возбуждения, а сокращения не вызвать, т.е. сокращение стоит особо от процессов, которые протекают в протоплазме. Особенно легко это можно получить на некоторых утомленных препаратах. Вы можете довести миофибриллии до такого состояния, что процесс возбуждения будет, а сокращения — нет. Процесс возбуждения, по моему опыту, протекает по основному закону — закону возбуждения, а деятельность миофибриллии не подчиняется этому закону. Закон, применимый к живому, неприменим к закону сокращения. Все схемы, которые приводятся как доказательства, это схемы не подобные живым образованиям, здесь берется система молекул и изменение ее под влиянием того или другого внешнего воздействия. В какой мере проф. Бауэр объясняет сократительный процесс, протекающий в миофибриллии, в такой степени он неправ.

Поскольку миофибриллия — это мертвое образование, возможно, что структура играет основную роль, но исходя из молекулы, можно объяснить это явление.

Когда же профессор Бауэр переходит на живые образования и говорит о живой молекуле, это неправильно. Правда, что Энгельс говорил — живой белок, который состоит из живых молекул. Но Энгельс пришел к этому не на основании размышлений, а он взял это у Пфлюгера. Тогда было механическое воззрение и все старались

свести это к чему-то и свели к живому белку. Но у Энгельса этот живой белок не рассматривался так, что жизнь мыслима только при помощи этого белка. Поэтому нельзя особенно хвататься за эту мысль Энгельса о живом белке в настоящее время. Сейчас нужно иначе подходить к этому. Сейчас никто не скажет, что молекула белка существует в живой протоплазме, как в воде, как в газе. Я думаю, что там существует не молекула, а какое-то очень сложное, неустойчивое, не имеющее определенных границ образование. Но в этом образовании участвует не только его белковая часть, а могут участвовать и другие вещества, находящиеся рядом с ним в клетке, будет ли это кислота, анионы и т.д. Мы знаем, что гемоглобин связывается с угольной кислотой и анионом, а кислота легко поглощает щелочь. Можно думать, что это сложное соединение, которое мы имеем в живой клетке, нельзя разбить на молекулы живого вещества. Это какое-то образование, в которое входят и элементы белка и другие элементы. Тогда можно было бы прийти к выводу, что единица живого образования является, если не молекулой, то каким-то комком, который содержит вместе с белком и другие соединения. Но это, мне кажется, тоже неправильно. Если мы обрежем волокно, оно существует некоторое время, а потом погибает, т.е. некоторое время идет обмен веществ, но со слабеющей силой. Мы стоим перед фактом, что коль скоро вы изолируете какую-то часть из клетки (причем без ядра), например, протоплазму из ядра, или отрезок нерва, то она погибает. Поэтому нельзя говорить, что частички могут иметь самостоятельное существование без клетки. Они имеют это существование постольку, поскольку они находятся под влиянием факторов, которые содержатся в клетке, частичка ядрышка, частица протоплазмы и т.д. Я думаю, что в самой протоплазме, будут ли это нервные или мышечные клетки, частицы неоднородны. Они находятся в состоянии неустойчивого равновесия, все время выделяют какие-то вещества и поглощают их, а выделенные действуют на других, т.е. происходит взаимодействие. Такое взаимодействие, имеющееся в клетке, обеспечивает характерные признаки жизни, роста, размножения и возбуждения.

Я нахожу, что было бы гораздо правильнее в будущем, чтобы свою концепцию проф. Бауэр развивал, исходя не из молекулы, а из чего-то другого, мне кажется, что его энергетические выводы были бы тогда обоснованнее. Все энергетические процессы необъяснимы отдельно от живой плазмы.

Гиршевичавичус. Товарищи, каждая наука, развиваясь в среде определенной экономической формации, по необходимости отражает в себе ту психологию, то мировоззрение, которое является в данной формации господствующим, складывается на основе экономических закономерностей этой формации.

Наша современная наука о химических основах жизни, наша современная биохимия в самом широком понимании этого слова,

развивающаяся в условиях общества капиталистического, по необходимости отражает в себе некоторые основные социологические установки этого общества. Мне кажется, уже несколько лет настойчиво напрашивается мысль о том, что в нашей биохимии, в ее теперешнем состоянии, самым неудовлетворительным моментом является некоторое, если можно непосредственно сюда перенести, понятие экономическое, фетишизм товаров, установка, по которой за движущимся объектом теряется из виду движущийся субъект, установка, по которой за процессом биохимическим, за превращением вещества теряется из вида та биологическая совокупность, которую мы называем протоплазмой (клеткой, организмом). Для биохимика обычно такое представление, которое выражается словами, что такой процесс происходит в протоплазме, т.е. есть какой-то процесс, а вокруг него очень туманно, как для буржуазного экономиста является туманным общество, так и для нас часто является туманной та среда, в которой происходит этот процесс. Процесс существует сам по себе, а протоплазма — сама по себе, как что-то отражающее.

Мне кажется, что надо поэтому очень приветствовать смелую попытку проф. Бауэра превзойти этот разрыв и в самом деле связать движущийся объект, превращенное вещество уже не в протоплазме, а как составную часть самой протоплазмы, со структурой протоплазмы, с теми веществами, которые собой определяют то, что в процессе постоянного изменения мы все время имеем клетку и живой организм. Эта попытка превзойти разрыв, который определяет собой неудовлетворительность сегодняшней биохимии, очень трудна. Очень трудно перейти от процесса, дающего энергию, к тем процессам, при помощи которых эта энергия осуществляется, например, в форме механической работы, и поэтому такую попытку надо приветствовать.

Но та форма, в которой производится эта попытка проф. Бауэра, является не во всех отношениях удачной. Против воззрений проф. Бауэра приводился целый ряд возражений. Я думаю, их можно квалифицировать по трем категориям:

- во-первых, возражения против фактических основ, на которых, если я правильно понимаю, проф. Бауэр не только строит свою теорию, а иллюстрирует ее имея и в то же время при помощи их придает ей некоторую солидную научность;

- во-вторых, были здесь возражения, и я хочу здесь сказать кое-что сам против тех выводов, которые проф. Бауэр делает из своих основных положений;

- наконец, были возражения против того центрального значения, которое придает своим взглядам проф. Бауэр, как взглядам, определяющим специфичность жизни.

Что касается фактического материала, то здесь много говорить не нужно. И в выступлении Д.Л. и целого ряда других товарищей доказано, что большая часть во всяком случае того фактического материала, который приводит проф. Бауэр, не может считаться

сколько-нибудь в значительной мере доказательной. Правильно, конечно, что возражения против тех или иных фактов ни в коем случае не могут служить противодоказательством против определенных теоретических воззрений, которые я не представляю себе так, чтобы они исходили из этих фактов. Но все-таки тот факт, что почти все экспериментальные доказательства, которые приводил в пользу своих воззрений проф. Бауэр, подвергались довольно разрушающей критике, нельзя рассматривать как просто случайный. Здесь, должно быть, какие-то причины, кроющиеся во взглядах проф. Бауэра, может быть ненужных, может быть являющихся как бы шлаком, от которого нужно освободить эту теорию. Я попробую в дальнейшем эту мысль несколько конкретнее иллюстрировать.

В чем я вижу основной недостаток теории Бауэра в ее сегодняшнем состоянии, в той форме, в которой она нам преподносится?

Когда читаешь статью т. Бауэра и слышишь доклад, то невольно поражает одна мысль — разве это терия о живом белке? Да ведь здесь о белке совсем ничего не говорится. Употребляется слово белок, и мы не можем не верить докладчику, мы знаем, что он говорит о белке. Замечательно то, что о свойствах этого белка он нам не говорит ничего такого, на что мы могли бы здесь сказать — конечно, это белок, о котором он говорит. Развивая вопрос о свойствах живого белка, а это я считаю совершенно необходимым, он не исходит из свойств белка, а уже в некоторой мере хотя бы и недостаточно известного вещества, причем я не хочу приравнивать живой белок к выделенному очищенному белку. Конечно, это не то же самое, с этой точкой зрения нужно вполне согласиться. Но поскольку в основе лежит белок как химическое вещество, нужно, чтобы свойства живого белка связывались и в некоторой мере исходили из свойств белка как вещества. Замечательно, что проф. Бауэр выводит свойство белка в значительной мере из аналогии не с мертвым белком, который все-таки обладает основными свойствами белка, а из аналогии, например, с кристаллической решеткой металлов. Это не случайно, в этом сказывается определенный недостаток воззрений проф. Бауэра, может быть не в основном, но в тех формах, в которых он их развивал.

Мне кажется, что специфику живого тела, живого организма нельзя искать в тех или иных внешних проявлениях живого организма, в размножении, ассимиляции, в дыхании, в обмене веществ и т.д., нет такого проявления, взятого отдельно, или даже совокупности таких внешних проявлений, для которых нельзя было бы найти органической материи или создать ее искусственным образом. Специфика живого лежит не в том, что организм делает то-то и то-то, а в том, как он это делает, т.е. в том особом сочетании химических свойств, которыми обладает живая материя, в том особом сочетании физических свойств, которые истекают из химии живой материи, в тех возможностях организации и деятельности этой материи, которые явились проявлением более вы-

сокого порядка и которые строятся в конце концов, как на фундаменте, на химии живого вещества, конечно в основном на химии белка, но именно на химии.

В этом отношении, мне кажется, проф. Бауэр пытался разрешить вопрос несколько легко, взяв ряд проявлений живой материи, такие, например, как биоэлектрические токи, обмен веществ, и стараясь непосредственно вывести из каких-то специфических свойств, которые он приписывает тем или иным веществам, но которые, судя по его докладу, он мог бы приписать и другим веществам, потому что никак не сказывается особенность того вещества, с которым мы имеем дело, — белка. Это отстранение от химии, от того факта, что вещество раньше чем является биологическим, должно быть химическим, и биологическим является только ввиду того, что оно особое химическое вещество, пренебрежение этим фактом мне кажется ошибкой в построении, которое пока что проф. Бауэр дал своим воззрением.

Из этого вытекает и то, что доказательство, приводимое проф. Бауэром, в значительной мере все-таки не выдерживает критики, хотя эта разрушающая критика не может в сущности разрушить его воззрений.

Мне кажется, что у проф. Бауэра имеется несколько легкий подход к примерам, которыми он оперировал. Я возьму один пример — вопрос об оптических явлениях, вычисления проф. Бауэра, где он, на основе поглощения около 2500 ангстрем старается вычислить величину повышения энергии живого белка. Этот пример уже подвергался критике. Я хотел остановить ваше внимание на другой стороне дела, которая мне кажется именно симптоматичной. Когда мы спрашиваем себя, почему белок поглощает ультрафиолетовые лучи именно в этой области, то мы находим ответ, что это поглощение не свойство всей белковой молекулы, а это поглощение ароматических колец, поглощение остатка тирозина, триптофана и некоторых кислот, но настолько сильное, что по этому поглощению можно вычислить количество аминокислот.

Что же получается? Мертвый белок обладает некоторыми аминокислотами, которых в живом нет, т.е. здесь разница между живым и мертвым и разница не в состоянии, а в химической структуре, причем такая разница, с которой мы должны согласиться.

Я хотел немножко больше говорить о ферментах, но для этого не остается времени. Все же укажу, что так легко отделяться от ферментов, как это делает проф. Бауэр, нельзя.

Проф. Бауэр, рассматривая процесс обмена веществ как процесс, происходящий при живом высокоэнергетичном белке, являющийся необходимым условием поддержания этого высокоэнергетичного, но неравновесного состояния и в то же время являющийся результатом этого состояния, проводит мысль, основанную, насколько я могу судить, главным образом, на законе Рубнера, что этот закон обмена веществ все-таки не вполне поддерживает состояние неравновесия, больше того, что самый обмен веществ постепенно

разрушает это состояние неравновесия и в процессе обмена веществ происходит деградация живого вещества, причем тем быстрее, чем интенсивнее обмен веществ.

Это такая точка зрения, что согласиться с ней — дело серьезное.

Посмотрим, какие из этого вытекают последствия. Чем интенсивнее идет обмен веществ в нашем организме, тем быстрее он должен изнашиваться. На первый взгляд, как будто бы так. Но тогда главным фактором, повышающим обмен веществ в организме животных и людей — работой, трудом, наш организм быстрее приводится к гибели, трудом, независимо от той общественной формации, в которой он происходит. Вот к каким экономическим выводам приводит это положение. Конечно, я понимаю, что такими экономическими соображениями нельзя опровергнуть теорию, но согласиться с ней, конечно, не так легко.

Н.А.Рожанский. Я нахожусь в несколько неблагоприятном положении при своем выступлении, т.к. я не имел возможности прослушать его доклада, ибо только сегодня приехал в Москву.

Кроме того, мне приходится говорить после всех, когда все аргументы были высказаны и суммировано по существу все, что можно по этому поводу сказать.

Наконец, я обещал И.С., что если он скажет хорошо, не выступать. И.С. заостряет те положения, которые являются в этом вопросе центральными. И хотя он выступал хорошо, я нарушил данное ему обещание и вот по каким причинам.

Мне кажется, в этом споре мало выступали физиологи, которые занимаются не разложенным жизненным процессом, а синтезированным, как он протекает в живом организме. Каждый физиолог, которому приходится работать, знает, что те вопросы, которые затронуты сейчас о качестве живого, есть вопросы, которые подчас физиолог может совершенно не затрагивать в своей практической деятельности, работая и пользуясь элементами живого и не входя в анализ, что представляет собой жизненный процесс, веря в его суммарное. Единственно, до чего физиолог должен доходить в анализе разложения жизненного процесса, — это живая клетка. Не считаться с этим элементом живого организма, имеющим индивидуальность, способность к размножению, — совершенно невозможно. Но дальше можно не идти, и физиологи прекрасно обходились без этого и достигали практически результатов, значительных или незначительных. Мне кажется, что физиологи должны были высказать здесь свои взгляды. Так как некоторые мои интересы лежали в этой плоскости, в связи как раз с тем, на что проф. Бауэр считает необходимым обращать внимание в клетке, — на структуру, то я и хотел сказать по этому поводу. Что в клетке есть структура — это факт. Это явление интересно, любопытно. Оно проходит через эволюцию, ряд изменений. Нельзя этим не интересоваться и естественно, что к этому привлекается внимание каждого физиолога. Можно, не рассуждая о том, что из себя

представляет жизненный процесс и живое вещество, интересоваться самостоятельно, что из себя представляет эта структура.

Вопрос, которым занимается проф. Бауэр, центральный. С того времени, как существует настоящая физиология, в течение 100 лет, этот вопрос концентрируется вокруг двух основных положений – живое существо или специфическая структура. Я плохой гносеолог, философ, диалектик, поэтому я могу в этом отношении делать чрезвычайно грубые ошибки, но мне кажется, что когда мы говорим о сущности живого, то, конечно, оно специфично. С нашей точки зрения было бы странным отрицать механический процесс, который составляет совершенно резкую качественность, выделяющую круг этих явлений, но нельзя отрицать специфику живого. Но где мы будем помещать эту специфичность качества? Это вопрос практики. Нужна практика эксперимента, анализ явлений, они укажут это место.

Я хотел бы задать несколько вопросов проф. Бауэру. Когда мы берем живой организм одноклеточного, который имеет структуру с происходящими в ней воздействиями и действиями внешних агентов, то как вы переходите к действию на то живое вещество, о котором говорите? Представьте себе такой простой пример, как яйцо иглокожего, которое побуждается к развитию тем, что нарушается его оболочка, т.е. механическим путем. Это является моментом, который вызывает процесс клеточного деления и целую серию этапов развития. Как увязать такое явление с представлением о живом веществе и не говорит ли оно о том, что элементы структуры не особенно важны.

Что понимать под белком? Под белком ведь нужно понимать или то, что есть химическое понятие, или то, что мы понимаем под протоплазмой, или то, что мы в свое время понимали под биогеном. Пфлюгер и Бюхнер дали этому понятию название белка, потому что они видели различие этого элемента от того, что имеется в химии. А если мы возьмем понятие протоплазмы, то не является ли протоплазма больше структурным элементом, чем химическим.

Проф. Беритов достаточно четко показал, что процессы сокращения неблагоприятны для вскрытия этого явления именно потому, что сокращение мы можем иметь в заведомо мертвых структурах, хотя никто не говорит, что там есть жизненный процесс.

Проф. Беритов достаточно четко указал на то, что имеется целый ряд вопросов, и в частности, вопрос возбуждения и обмена. Никто не станет отрицать, что явление возбуждения играет большую роль, что именно возбуждение есть одна из специфик живого вещества. Если подойти с этой точки зрения, то как будет обстоять дело?

В физиологии есть две совершенно равноправные линии, которые могут пересекать друг друга и дополнять друг друга – это структурное или живое вещество. Вы знаете, что обмен состоит из обмена рабочего и обмена покоя, и самое главное – основной обмен

в организме состоит из деятельности органов, которые поддерживают организм в живом состоянии и сущности настоящего живого обмена — который тоже поддерживает живое состояние. Мне иногда казалось, что для поддержания в живом состоянии нужно тратить только энергию. На что тратится эта сила для того, чтобы поддерживать живое состояние? Если вы прекратите трату сил, т.е. обмен веществ, то тогда процесс постоянного превращения приведет к распаду. Мы знаем такие примеры: если закрыть на минутку приток кислорода в почку, то почки, которые его не пропускали, начинают пропускать. Хилл представлял себе это как систему, в которой производится превращение потенциальной энергии в кинетическую, и покой он рассматривал как трату силы для создания напряжения. Мне всегда казалось, что это есть та сила, которая поддерживает разделение вещества в клетке, вещества, которое постоянно стремится проникнуть в другое, разделяется, все время удерживается от полного смешения, что это есть самая суть жизни и на это непосредственно непрерывно тратится энергия. Это является основным обменом живого состояния.

Если стать на такую точку зрения, что живое состояние есть непрерывная трата сил на поддержание этого состояния, то, мне кажется, нет иного выхода из этого положения, как в том направлении, чтобы сосредоточить свое внимание на силе, поддерживающей разделение вещества в клетке, т.е. на структуре. Конечно, никакие концепции о веществе, о всех свойствах вещества, пусть они будут совершенно справедливы, подтверждены многочисленными данными, не разрешат проблемы живого организма.

Э.С.Бауэр (Заключительное слово). (Очень плохо говорит по-русски).

Мы прослушали много указаний на недостатки, много предложений, и мало кто соглашался с докладом. На всех возражениях я остановиться отдельно не могу, и, по-моему, это не нужно. Я остановлюсь на основных пунктах.

О термодинамических явлениях. Все мы знаем, что так называемое неравновесие можно называть и стационарным состоянием. Но я не могу так легко согласиться с этим. Если согласиться, что это стационарное состояние, то ничего не выходит. Можно обратиться к соответствующим учебникам, где говорится, что стационарное равновесие — это неработоспособное состояние. Поэтому не случайно, что термодинамика, которая занимается чисто равновесным состоянием, занимается одновременно и неравновесным состоянием. В этом и лежит проблема.

Все согласились, что динамическое равновесие ничего не разрешает с точки зрения термодинамики. Это такое понятие, которое мешало углубить науку. Стационарное состояние имеется, но, как раз удивительно, что это не термодинамическое состояние. Это вопрос не такой простой. Это получается от того, что вся физика и химия действительно не имеет разработанной термодинамики — неравно-

весного состояния. Оно нужно не только нам. Я отсылаю вас к книжке академика Семенова о цепных реакциях, где он говорит, что изменяется структура во время процесса в системе и тогда она не может обойтись с существующей термодинамикой, потому что, как он выражается, термодинамика приспособлена лишь к равновесию, в лучшем случае, к стационарному состоянию.

Здесь задача еще сложнее – разработать, не пренебрегая первым и вторым началами, эту динамику жизни, где вы имеете неравновесную систему, а не стационарное состояние.

Я не мог развить эту тему. Когда я опубликовал первую статью, то я в ней начал с того, что попытался дать термодинамическую систему живой системы по отношению к неживым.

В 26-м году Мейергоф был вынужден сослаться на эту же статью и в работе, озаглавленной “Термодинамика”, говорит, что в термодинамическом отношении действительно есть разница между живым и неживым. В книге о термодинамике жизненных явлений он говорит о разнице, которая в этом отношении имеется между живым и неживым. Это есть последовательное проведение и признание этого факта. Его объяснение очень просто, однако для того, чтобы это последовательно провести, мне потребовалось очень много работы. Я считаю, что я эту работу закончил, потратив на нее 17 лет. В написанной мною книге вы увидите детальные диаграммы, которые я составил на основании своих работ. Только в силу необходимости, с трудом термодинамика была признана, но не применяется в биологии должным образом, потому что и в физике и в химии все еще стремятся отдельные явления объяснить вне термодинамики. По-видимому, разработка вопроса требует изменения этого положения. Я не видел ни одного термодинамического расчета, который был бы проведен так, что зот на основании первого закона требуется, чтобы настало это и это состояние, значит, это есть, должно быть, это вот не должно наступать и для этого требуются такие-то и такие-то структурные условия. Это было бы применением, признанием термодинамических положений.

Об экспериментальных доказательствах. Я сказал, что экспериментальные доказательства биологической гипотезы, биологической теории можно давать в двух направлениях, т.е. делать выводы в биологической области и делать выводы в биохимической молекулярной области. Но так как здесь речь идет, главным образом, о физической части, о живом веществе, о живом белке, значит, доказательства, которые здесь приведены, были признаны недостаточными и даже ошибочными. Я не спорю. Что они недостаточны – это несомненно. Вообще трудно сказать, когда количество доказательств достаточно. Это решается не отдельными фактами, а совокупностью их.

Возьмите энергетический расчет. Мы с тов. Браунштейном договорились, что расчет оправдывается, потому что когда я говорю в тексте – деформирование, возбуждение, речь идет как раз об этой энергии. Если бы это относилось к решетке, то он был бы прав. Насколько я понял, мы договорились в этом.

Но не отпадает возражение — а можно ли так считать? С этой точки зрения я считаю, что может быть расчет неправильный, но, по-видимому, он возможен в таких величинах.

Что касается аргумента проф. Рубинштейна, он основывается на недоразумении, т.е. на том, что если там речь идет о химической энергии, тогда действительно он прав, но эта теория сводится к тому, что вы имеете не энергию распада, а повышенный уровень свободной энергии. Итак, это возражение отпадает.

Аргумент, который я привел, что энергия химического распада, что я дал, приблизительно разна 112 калориям, — это я цитировал Лоренса и до сих пор я не вижу его ошибки.

Г.М. сделал возражение, что я сослался на то, что Сайфер и Лоренс не смогли показать, что митогенетические лучи существуют. Я на этом не основывался, а хотел привести факт, что это бывает и что это можно объяснить за счет парализованного состояния.

Проф. Рубинштейн приписал мне слишком легкомысленное обращение с аргументами. По-видимому, он не прочел всего текста. Я имею все основания предполагать, что в мышце имеются фосфаты. Я ссылаюсь на работу Мейергофа, который подтверждает это довольно серьезными аргументами.

Проф. Рубинштейн обвинял меня в том, что я как будто бы не знаю, что ток течет через цепь, что положительный там, где точка, и поэтому это положительная энергия. Я не знаю, нужно ли доказывать, что я знаю, что ток течет в одном направлении. Ведь иначе я не мог бы построить этот опыт. Если представить себе, что деформирую решетку, получаю электрон, или в диэлектрике или в первичном, причем цепь всегда существует, когда вы имеете проводник первого рода, и проводник второго рода. В любой цепи некоторая часть ее делается проводником первого рода. Это заключение может быть неправильным, но Дорфман мне объяснил, что ему это требовалось для доказательства его положения. Есть группа биофизиков, которые это представление допускают и которых неграмотными считать, по-видимому, нельзя. Фюртен — физик по специальности, Иоффе — тоже, но однако они это допускают.

Другой аргумент: я делаю вывод, что у меня диэлектрическая проницаемость больше в живом состоянии, а в неживом состоянии она меньше. Первое, что я должен проверить — получается это или нет. А второе — как и что из этого следует. Вы проверяете, а проф. Рубинштейн делает вам возражение — смотрите, от этого или не от этого зависит это. Но если считать, что раз разные знаки, то значит, это не от этого, это значит стоять на неправильной позиции и с точки зрения логики и с точки зрения литературы. Может быть, не от этого, а раз может быть, значит, не от этого — такой способ выводов, особенно, когда ставится вопрос о верности теории, применять нельзя.

Я согласен со всеми товарищами, которые говорили, что если бы эти факты допускали различные толкования, тогда нельзя считать, что теория доказана. Я не считаю, что теория доказана, ибо

иначе не надо было бы дискутировать. Речь о том, дает ли эта теория объяснения явлению, продумана ли она и может ли она дать хорошие результаты.

По специальности я больше биолог, чем физик, и в своей области чувствую себя сильнее. Я здесь отмечаю только, что к сожалению, физиологи почти не выступали, ибо, насколько я знаю, физиологи как раз имеют дело с этими явлениями в разных областях, и им эта теория дает то, что до сих пор не было объяснено с точки зрения физиологических явлений. Здесь присутствует Н.А.Магницкий. Я знаю, как он к этой теории относится. Но и другие товарищи также относятся к этой теории с интересом. И.А.Аршавский как раз хотел выступить*.

Что касается биологов, они в основном полагают, что необходимо эту теорию проверить на практике. Физики, я имею общение с ленинградскими физиками, не считают эту теорию фантастической, а наоборот, реальной, которая поддается изучению, измерению, и сами предлагают методы, и я предлагаю. Мнение физиков приблизительно выражается в выступлении, которое вы слышали от проф. Г.М.Франка. Это совпадает с мнением сотрудников Оптического института, с которыми я беседовал. Эта точка зрения не абстрактная, а очень определенная и поддается экспериментальному подтверждению. Они прибавляют массу других экспериментов, кроме тех, которые проведены. Я думаю, что мы это сделаем. Но проверить теорию можно, не отвергая выводов, а проверяя их, ибо таким образом, т.е. если отвергать выводы, теория не будет ни опровергнута, ни доказана. Если снять все экспериментальные доказательства и признать их абсурдными, то с этим не отпадает сама теория. Для меня было бы выгоднее сказать — делайте, что хотите, но в конце концов эта концепция остается. Она существует не для того, чтобы оставаться концепцией, а для того, чтобы она применялась.

Я считаю, что в области физиологической и биологической теории дала достаточно много. Это обязывает биофизиков считаться с этим фактом, несмотря на то, что непосредственно биофизических данных в ней мало.

Что касается аргумента, что я имею дело не с химическими, а со структурными свойствами, то этот аргумент очень серьезный. Этот недостаток я чувствую. У меня есть стремление получить больше из связи живого и мертвого. Но здесь мне должны помочь химии. Факт, что эта желатиновая полоса и опыт, который с ней был поставлен, все же остается верным, поскольку выводы были проверены на сыворотке и на других

* На конференции 1935 г. И.А.Аршавский не выступил. Но затем на протяжении последующих десятилетий он неоднократно посвящал теории Э.С.Бауэра свои работы и доклады. Его доклад на Пушкинском симпозиуме 29.X.1990 г. публикуется выше.

тканях в Ленинграде. Я думаю, что Г.М. сам эти спектрограммы видел. Так легко отмахнуться от фактов, по-моему, можно еще меньше, чем от ферментов.

Председатель. Мы заслушали доклад по чрезвычайно актуальному и острому вопросу — "Проблема живого белка" Э.С.Бауэра и доклад, носящий характер контрдоклада, проф. Д.Л.Рубинштейна. Актуальность и острота поставленного вопроса, в обсуждении которого приняли участия многие товарищи, мне кажется, только лишь расширилась и углубилась. Это произошло только потому, что выдвинутая проблема настолько актуальна, что она не только должна сняться, но заслуживает самого пристального внимания и в то же время поощрения как проблема, которая поставлена действительно смело, действительно с большой перспективой.

Поэтому нужно считать, что настоящая конференция, посвященная докладу проф. Бауэра, является в высшей степени своевременно необходимой и для всех, я думаю, полезной.

Я думаю, что выражу общее мнение, если поблагодарю за чрезвычайно оригинальный, содержательный доклад проф. Э.С.Бауэра и пожелаю дальнейшего развития этого крупнейшего вопроса, которым он занимается в настоящее время. (Аплодисменты).

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Часть I. СИМПОЗИУМ 1990 г. "ЭРВИН БАУЭР И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)"	
Шноль С.Э. Эрвин Бауэр и "Теоретическая биология"	7
Зотин А.И., Зотина Р.С. Место Э.С.Бауэра в истории биологии развития	22
Белоусов Л.Б. Структурная неравновесность Э.Бауэра и некоторые явления морфогенеза	37
Кондрашова М.Н. Энергетика рабочего акта	41
И.А.Аришавский. Теория Э.С.Бауэра о живой материи и механизмы индивидуального развития	50
Смолянинов В.В. Новый этап теоретической биологии	70
Чиженкова Р.А. Наука о мозге. Соотношение экспериментального и теоретического знания с позиций взглядов Э.Бауэра	76
Мирзоян Э.Н. Теория эволюции в структуре теоретической биологии	84
Левич А.П. Основные задачи "Теоретической биологии" Э.Бауэра: поиск путей к теории обобщенного движения и источников неравновесности живой материи	91
Мосолов А.Н. Теория, ведомая практикой, всегда заходит в тупик	101
Алешин А.И. Э.С.Бауэр и феномен теоретической биологии	116
Борзенков В.Г. Э.Бауэр о критериях научности и проблемы современной методологии биологии	121
Мамзин А.С. Основные тенденции развития современной биологии и концепция Э.С.Бауэра	127
Семенов В.В. Методологические установки концепции Э.С.Бауэра и современной теоретической биологии	136
Охнянская Л.Г., Спектор Э.Л. Структурная энергия Э.Бауэра и колебательно-волновые процессы	150
Большаков Б.Е., Минин В.В. Взаимосвязь второго начала термодинамики, принципов устойчивой неравновесности Бауэра-Вернадского и информации	153
Гак Е.З. Пространственно-временное нарушение электронейтральности и симметрии как свойство живой материи	163
Волькенштейн М.В. Физические подходы к биологической эволюции	169
Николаев Л.А. Необратимость и самоорганизация	175
Блюменфельд Л.А. Состояния устойчивого неравновесия по Бауэру и современная наука	179
Харитонов А.С. Необратимость живого в определениях физики обратимых процессов	184
Акопян И.Д. "Теоретическая биология" Э.С.Бауэра в свете принципа асимметрии	192
Прочуханов Р.А. Биоинформационные основы структурной организации биосистем	194
Часть II. НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ВСЕСОЮЗНОГО ИНСТИТУТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ 14-15 мая 1935 года	
Охнянская Л.Г. Предисловие к стенограмме научной конференции ВИЭМ 14-15 мая 1935 г.	204
Стенограмма научной конференции ВИЭМ (14-15 мая 1935 г.).	205

ЭРВИН БАУЭР И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ
(к 100-летию со дня рождения)

Сборник научных трудов

Отредактировано и подготовлено к печати в ОНТИ ПНЦ РАН

Редакторы *О.П.Абрамичева, Р.Г.Цветницкая.*

Технический редактор *Г.П.Петрова.*

Корректоры *В.И.Дубровина, Л.М.Орлова.*

Уч.-изд. л. 16,8. Усл.-печ. л. 16,0. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.

Тираж 1215 экз. Заказ 5201Р. Цена 32 р. 25 к. Изд. № 11.

Отпечатано на ротапринтере в Отделе научно-технической информации
Пушкинского научного центра РАН.